



**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**DESAIN SISTEM KOMUNIKASI KRITIS PENDUKUNG  
OPERASI PLN - P3B JAWA BALI APB REGION JAWA  
TIMUR**

Sherly Puspita Rahman  
NRP 2213106002

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Endroyono, DEA.  
Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - TE 141599**

**DESIGN OF CRITICAL SYSTEMS COMMUNICATION  
PLN - P3B JAVA BALI APB REGION , EAST JAVA**

Sherly Puspita Rahman  
NRP 2213106002

Supervisors  
Dr. Ir. Endroyono, DEA.  
Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technical  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

**DESIGN OF CRITICAL SYSTEMS COMMUNICATION  
PLN - P3B JAVA BALI APB REGION , EAST JAVA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Teknik Telekomunikasi dan Multimedia  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui:**

**Dosen Pembimbing I**

**Dr. Ir. Endroyono, DEA.**  
**NIP. 196504041991021001**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.**  
**NIP. 195904281986011001**



# DESAIN SISTEM KOMUNIKASI KRITIS PENDUKUNG OPERASI PLN - P3B JAWA BALI APB REGION JAWA TIMUR

Nama : Sherly Puspita Rahman  
Pembimbing : Dr. Ir. Endroyono, DEA.  
Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

## ABSTRAK

Transmisi daya di PLN melalui gardu - gardu membutuhkan dukungan telekomunikasi. Telekomunikasi dibutuhkan untuk menghubungkan antar sensor, kendali, dan SCADA. Sistem yang sekarang terpasang dianggap belum memenuhi SLA (*Service Level Agreement*). Hal tersebut terjadi karena dimana data dalam jaringan telekomunikasi terdapat suatu masalah dalam proses pengirimannya. Masalah yang terjadi dalam kasus ini karena putusnya fiber optik. Tugas akhir ini bertujuan untuk melakukan perancangan sistem jaringan baru guna memperbaiki kinerja sistem jaringan *existing*.

Perancangan jaringan baru dilakukan dengan pengujian drop jaringan secara bergantian disetiap link pada jaringan *existing*. Kondisi ini guna mengetahui performansi jaringan keseluruhan jika terjadi kemungkinan drop disetiap link tertentu. Link kritis dan biaya ditinjau dari delay link berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian jaringan drop bergantian dijadikan acuan untuk pembentukan link pada jaringan baru. Simulasi jaringan dirancang dengan *network simulator* versi 2 (NS2).

Performansi dari jaringan baru dievaluasi dan dibandingkan dengan jaringan *existing*. Jumlah link kritis pada jaringan *existing* sebanyak 8 link sedangkan jaringan baru tidak memiliki link kritis. Jumlah link alternatif pada jaringan *existing* sebanyak 16 link sedangkan jaringan baru 23 link. Meninjau hasil pengujian contoh kasus, rata-rata nilai *availability* selama 3 bulan peninjauan pada jaringan *existing* yaitu 94,98% sedangkan jaringan baru sebesar 97,23%. Berdasarkan pengujian tersebut SLA pada jaringan baru menunjukan performansi yang lebih baik dibandingkan jaringan *existing* sehingga dilakukan rekomendasi jaringan.

**Kata Kunci :** Sistem komunikasi kritis , *Service level agreement* , NS2

# DESIGN OF CRITICAL SYSTEMS COMMUNICATION

## PLN - P3B JAVA BALI APB REGION , EAST JAVA

Name : Sherly Puspita Rahman  
Supervisor : Dr. Ir. Endroyono, DEA.  
Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

### ABSTRACT

*Power transmission at PLN through the substation - substation require telecommunications support. Telecommunications is required to connect between sensors, control, and SCADA. The system is now installed deemed not meet the SLA (Service Level Agreement). This happens because the data in telecommunications networks where there is a problem in the delivery process. The problem that occurred in this case because of the disruption of fiber optics. This final project aims to design a new network system to improve the performance of existing network system.*

*The new network design is done by testing the network drop alternately at every link in the existing network. This condition in order to determine the overall network performance in case the possibility of a drop in every particular link. Link critical and costs in terms of delay link based on the results obtained from testing the network drop alternately used as a reference for the establishment of a link on the new network. Network simulation was designed with network simulator version 2 (NS2).*

*The performance of the new network was evaluated and compared with the existing network. Number of critical links in the existing network by 8 link while the new network does not have the critical link. Number of link existing alternative network link, while as many as 16 new 23 network links. Reviewing the results of the test case, the average value of availability during the 3-month review of the existing network which is 94.98% and 97.23% of the new network. The test is based on the SLA on a new network shows better performance than the existing network so the network made recommendations.*

**Keywords:** critical communication systems, Service level agreement, NS2



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku Tugas Akhir ini, yang mana merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata-1 di Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini sendiri memiliki judul :

### **Desain sistem komunikasi kritis pendukung operasi PLN - P3B Jawa Bali APB region Jawa Timur**

Selama pengerjaan Tugas Akhir dan penyusunan buku ini penulis telah banyak dibantu oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua dan saudara perempuan penulis yang senantiasa memberikan dukungan, serta moral berupa perhatian, semangat, dan doa.
2. Bapak Dr. Ir. Endroyono, DEA dan Bapak Ir. Gatot Kusrahardjo, MT. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia memberikan ilmu dan arahnya sehingga penulis mampu mengatasi kesulitan selama pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Wiyono selaku pihak dari PLN APB Jawa Timur yang telah membantu dalam pemberian informasi data tentang Telekomunikasi di PLN pada Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman Telekomunikasi Multimedia Lintas Jalur khususnya teman-teman di B304 terimakasih atas kerjasamanya selama perkuliahan dan Tugas Akhir serta kekompakan teman-teman semua selama ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan masukan sangat penulis harapkan untuk pengembangan di masa yang akan datang.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

# DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Laporan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 PLN - P3B Jawa Bali APB Region Jawa Timur.....	5
2.1.1 Peran Telekomunikasi di APB P3B Jawa Timur.....	5
2.2 Sistem Komunikasi Kritis.....	5
2.3 Model Layer TCP/IP.....	5
2.3.1 Layer Transport.....	6
2.3.2 Layer Internet.....	7
2.3.3 Layer Network.....	8
2.3.4 Layer Fisik.....	8
2.4 Quality of Service.....	9
2.4.1 Packet loss.....	9
2.4.2 Delay.....	9
2.4.3 Jitter.....	10
2.4.4 Throughput.....	10
2.5 SLA ( <i>Service Level Agreement</i> ).....	11
2.5.1 Parameter komponen SLA.....	11
2.5.2 Parameter SLA.....	12
2.6 Network Simulator Versi 2 (NS2).....	12
2.6.1 Arsitektur Dasar.....	13
2.6.2 Komponen pembangun NS2.....	14
2.6.3 Hubungan antar komponen pembangun NS2.....	15
2.7 Fiber Optik.....	15
<b>BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM.....</b>	<b>17</b>
3.1 Gambaran umum perancangan kerja sistem.....	17

3.2	Skenario perancangan.....	17
3.3	Perencanaan perangkat pendukung.....	18
3.3.1	Kebutuhan perangkat keras.....	18
3.3.2	Kebutuhan perangkat lunak.....	18
3.4	Flowchart perancangan dan implementasi jaringan.....	18
3.5	Implementasi perangkat lunak Jaringan.....	19
3.6	Pembuatan simulasi jaringan.....	20
3.7	Penjelasan umum topologi jaringan.....	22
3.8	Jaringan Existing.....	22
3.8.1	Topologi jaringan <i>existing</i> .....	22
3.9	Perancangan usulan Jaringan Baru.....	25
3.9.1	Perancangan topologi Jaringan Baru.....	26
3.10	Topologi Jaringan baru.....	30
3.11	Contoh kasus Jaringan <i>Existing</i> .....	31
3.12	Contoh kasus Jaringan Baru.....	34
3.13	Metode dan Skenario pengujian.....	35
3.13.1	Metode Pengujian.....	35
3.13.2	Skenario Pengujian.....	35
<b>BAB IV PERBANDINGAN DAN ANALISIS KINERJA.....</b>		<b>39</b>
4.1	Analisis rancangan usulan jaringan baru.....	39
4.1.1	Perbandingan kinerja berdasarkan QOS.....	39
4.1.2	Perbandingan berdasarkan jumlah status link kritis.....	45
4.1.3	Perbandingan berdasarkan availability link.....	50
4.2	Perbandingan hasil pengujian contoh kasus.....	51
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>63</b>
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>65</b>

LAMPIRAN A  
LAMPIRAN B  
LAMPIRAN C  
RIWAYAT HIDUP



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Flowchart metodologi pengerjaan .....	3
Gambar 2.1 Padanan model OSI Layer dengan model TCP/IP .....	6
Gambar 2.2 Arsitektur dasar NS2 .....	13
Gambar 2.3 Komponen pembangun NS2 .....	14
Gambar 2.4 Struktur umum pembangun NS2 .....	15
Gambar 3.1 Flowchart perancangan dan implementasi jaringan .....	19
Gambar 3.2 Tampilan terminal eksekusi program .....	21
Gambar 3.3 Tampilan NAM .....	21
Gambar 3.4 Topologi Jaringan <i>Existing</i> .....	23
Gambar 3.5 Usulan Jaringan baru .....	30
Gambar 3.6 Aliran data contoh kasus pada jaringan <i>Existing</i> .....	34
Gambar 3.7 Aliran data contoh kasus pada jaringan baru .....	35
Gambar 3.8 Tampilan file .tr yang otomatis terbentuk dalam folder ....	36
Gambar 3.9 Tampilan hasil trace format tr .....	37
Gambar 3.10 Tampilan jendela tracegraph untuk membuka file .....	37
Gambar 3.11 Tampilan jendela karakteristik sistem jaringan .....	38
Gambar 3.12 Tampilan jendela informasi lengkap sistem jaringan ....	38
Gambar 4.1 Grafik link terhadap delay .....	43
Gambar 4.2 Grafik link terhadap jitter .....	44
Gambar 4.3 Grafik jumlah paket dikirim dengan jumlah paket hilang .	44
Gambar 4.4 Grafik link terhadap throughput .....	45
Gambar 4.5 Grafik link imbas karena drop link .....	47
Gambar 4.6 Grafik perbandingan availability .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Flowchart metodologi pengerjaan .....	3
Gambar 2.1 Padanan model OSI Layer dengan model TCP/IP .....	6
Gambar 2.2 Arsitektur dasar NS2 .....	13
Gambar 2.3 Komponen pembangun NS2 .....	14
Gambar 2.4 Struktur umum pembangun NS2 .....	15
Gambar 3.1 Flowchart perancangan dan implementasi jaringan .....	19
Gambar 3.2 Tampilan terminal eksekusi program .....	21
Gambar 3.3 Tampilan NAM .....	21
Gambar 3.4 Topologi Jaringan <i>Existing</i> .....	23
Gambar 3.5 Usulan Jaringan baru .....	30
Gambar 3.6 Aliran data contoh kasus pada jaringan <i>Existing</i> .....	34
Gambar 3.7 Aliran data contoh kasus pada jaringan baru .....	35
Gambar 3.8 Tampilan file .tr yang otomatis terbentuk dalam folder ....	36
Gambar 3.9 Tampilan hasil trace format tr .....	37
Gambar 3.10 Tampilan jendela tracegraph untuk membuka file .....	37
Gambar 3.11 Tampilan jendela karakteristik sistem jaringan .....	38
Gambar 3.12 Tampilan jendela informasi lengkap sistem jaringan ....	38
Gambar 4.1 Grafik link terhadap delay .....	43
Gambar 4.2 Grafik link terhadap jitter .....	44
Gambar 4.3 Grafik jumlah paket dikirim dengan jumlah paket hilang .	44
Gambar 4.4 Grafik link terhadap throughput .....	45
Gambar 4.5 Grafik link imbas karena drop link .....	47
Gambar 4.6 Grafik perbandingan availability .....	61

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tugas pokok dari Area Pengatur Beban (APB) di PLN adalah melakukan pengendalian operasi sarana sistem pembangkit, penyaluran, dan pendistribusian tenaga listrik guna menghasilkan produk tenaga listrik yang ekonomis dan handal baik kualitas maupun kuantitas. Dalam pelaksanaannya, dibutuhkan telekomunikasi untuk menghubungkan antar sensor, kendali, dan SCADA.

Jaringan telekomunikasi yang sudah terpasang sekarang sering mengalami gangguan. Gangguan yang terjadi ditinjau pada layer fisik. Pada umumnya terjadi putusnya fiber optik karena alasan mekanik sehingga menyebabkan *drop* paket komunikasi data pada jaringan. Selain itu, pada saat jaringan *drop* belum adanya jaringan *backup* telekomunikasi sehingga berdampak pada kurang optimalnya kualitas kinerja jaringan atau belum memenuhi SLA (*Service-level agreement*).

Ditinjau dari permasalahan yang terjadi maka diusulkan sistem jaringan baru yang diharapkan dapat memperbaiki kinerja jaringan *existing*. Sistem jaringan baru yang diusulkan diharapkan dapat memenuhi standar kualitas baik berdasarkan parameter QOS (Jitter, delay, throughput, dan *packet loss*) dan nilai parameter SLA yaitu *availability*. Pengusulan sistem jaringan baru di PLN - P3B Jawa Bali APB region Jawa Timur dalam kerangka “sistem komunikasi kritis”.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Pengambilan data jaringan *existing* (topologi dan kinerja).
2. Perancangan usulan jaringan baru.
3. Evaluasi kinerja jaringan baru dibandingkan dengan jaringan *existing*.
4. Rekomendasi usulan jaringan baru.

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah :

1. Data *existing* difokuskan pada jaringan komunikasi antar gardu induk beserta master station dengan media fiber optik.



2. Tidak membahas karakteristik dari media transmisi (fiber optik), melainkan fokus pada komunikasi data.
3. Kegagalan jaringan berupa *drop* paket komunikasi data dalam media transmisi karena putus fiber optik.
4. Simulasi jaringan menggunakan Software NS2.
5. Parameter QOS kinerja jaringan yang digunakan yaitu delay, throughput, *packet loss*, dan Jitter dengan *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON) dan ITU-T G.114 sebagai standarisasi.
6. Parameter evaluasi kinerja jaringan mengacu pada SLA (*service level agreement*) PLN P3B APB yaitu *availability*.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk merancang usulan jaringan baru yang kemudian dilakukan evaluasi perbandingan kinerja terhadap jaringan *existing* sehingga dapat direkomendasikan usulan jaringan baru yang dapat memenuhi SLA (*Service-Level-Agreement*) lebih baik dari jaringan *existing*.

#### 1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

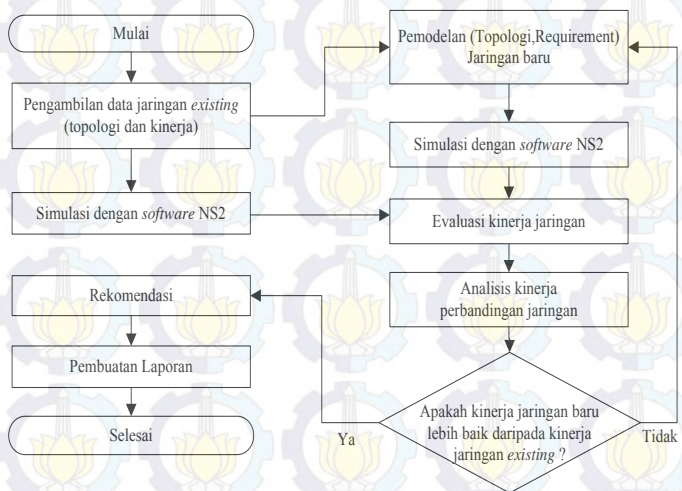
1. **Pengambilan data tentang kondisi jaringan telekomunikasi antar sensor, kendali, dan SCADA di PLN Jawa Timur di PLN APB P3B**  
Setelah meninjau masalah yang timbul, maka dilakukan pengambilan data tentang topologi dan kinerja jaringan komunikasi *existing*. Hal tersebut dimaksudkan untuk melakukan pemodelan dalam perancangan jaringan baru.
2. **Pemodelan sistem jaringan**  
Dalam merancang jaringan dibutuhkan pemodelan yang dirancang berdasarkan kinerja kondisi *existing*. Pemodelan yang dimaksud adalah merepresentasikan kondisi lapangan berdasarkan *drop* paket komunikasi data dalam media transmisi karena putus fiber optik kemudian membuat jaringan baru dengan membentuk jaringan *backup*.
3. **Simulasi dan Optimasi**  
Simulasi dilakukan pada jaringan *existing* dan jaringan baru. Pada jaringan baru yang telah dirancang dilakukan simulasi



untuk melihat hasil evaluasi. Jika belum sesuai, maka dilakukan optimasi untuk penyempurnaan jaringan. Hasil simulasi jaringan baru dengan jaringan *existing* kemudian dibandingkan.

#### 4. Perbandingan dan Analisis data

Analisis kinerja ditinjau berdasarkan hasil simulasi perbandingan jaringan baru dengan jaringan *existing* terhadap parameter yang ditentukan. Jenis parameter delay, throughput, *packet loss*, dan jitter digunakan sebagai elemen QOS kinerja jaringan dengan Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) dan ITU-T G.114 sebagai standarisasi. *Availability* merupakan parameter yang digunakan sebagai elemen SLA (*service level agreement*) pada PLN P3B APB sebagai acuan perbandingan terhadap jaringan *existing*. Dari hasil evaluasi tersebut dihasilkan rekomendasi jaringan baru yang diharapkan dapat memperbaiki kinerja jaringan *existing*. Pada **Gambar 1.1** merupakan flowchart metodologi dari pengerjaan Tugas Akhir.



**Gambar 1.1** Flowchart metodologi pengerjaan

## 1.6 Sistematika Laporan

Laporan penelitian Tugas Akhir ini disusun secara sistematis dibagi dalam beberapa bab, dengan perincian sebagai berikut:

### **Bab I Pendahuluan**

Bab ini berisikan penjelasan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika laporan.

### **Bab II Tinjauan Pustaka**

Dalam bab ini membahas secara singkat dan jelas teori-teori yang terkait dalam penulisan Tugas Akhir.

### **Bab III Perancangan dan Implementasi Sistem**

Dalam bab ini membahas tentang perancangan jaringan *existing* dan pemodelan jaringan baru dengan menggunakan *software network simulator 2 (ns2)*.

### **Bab IV Perbandingan dan Analisis Data**

Dalam bab ini membahas tentang perbandingan dan analisis hasil kinerja jaringan *existing* dengan usulan jaringan baru.

### **Bab V Penutup**

Bab ini berisi tentang kesimpulan pokok dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat dijadikan sebagai pengembangan dari penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 PLN - P3B Jawa Bali APB Region Jawa Timur**

Area pengatur beban (APB) Region Jawa timur merupakan sub bidang dari P3B Jawa Bali. Tugas utama dari dari PLN - P3B Jawa Bali yaitu mengelola operasi dan pemeliharaan penyaluran, pengaturan, dan pengendalian sub sistem dari region [14]. Penyaluran dan pusat pengaturan beban Jawa Bali (P3B) dibagi menjadi 4 region. Pada Tugas Akhir ini difokuskan di region 4 RJTB wilayah Jawa timur dalam bagian APB.

##### **2.1.1 Peran Telekomunikasi di APB P3B Jawa Timur**

Transmisi daya di PLN melalui gardu-gardu membutuhkan dukungan telekomunikasi. Telekomunikasi dibutuhkan untuk menghubungkan antar sensor, kendali, dan SCADA. Fungsi telekomunikasi di APB P3B Jawa Timur [6] :

1. Penghubung untuk melakukan pengukuran besaran sistem tenaga (telemetry) pada setiap perangkat yang ditinjau.
2. Penghubung untuk melakukan fungsi tentang data status dari sistem operasi perangkat (telesignaling).
3. Penghubung untuk melaksanakan pengoprasian atau pengontrolan *switching* gardu induk atau pembangkit dari jarak jauh.

#### **2.2 Sistem Komunikasi Kritis**

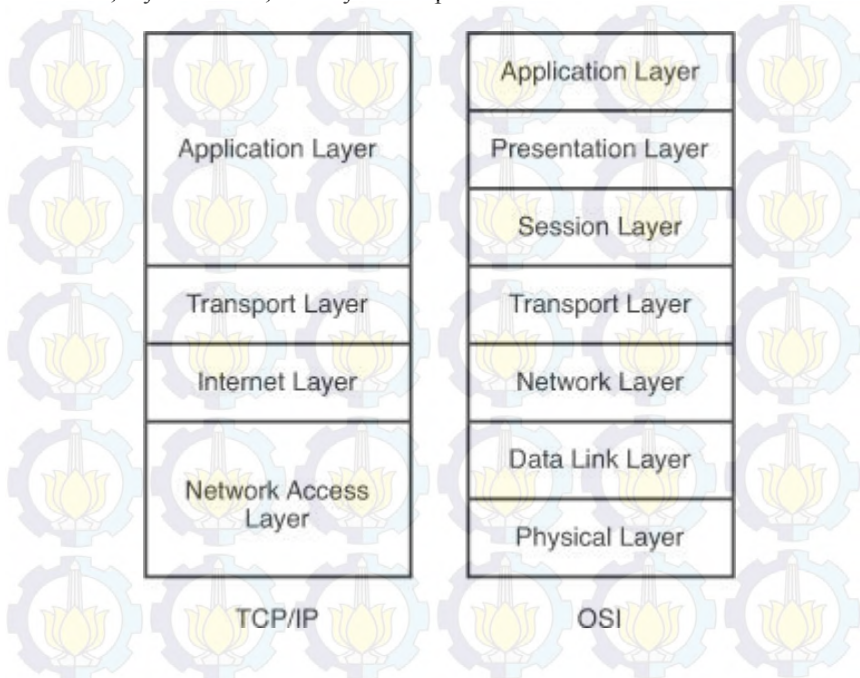
Sistem komunikasi kritis merupakan kondisi dimana data dalam jaringan telekomunikasi terdapat suatu masalah dalam proses pengirimannya. Masalah atau gangguan tersebut diakibatkan oleh banyak kasus. Kasus yang ditinjau dalam Tugas Akhir ini adalah kasus karena putusnya link komunikasi karena masalah terminasi atau dapat dikatakan masalah pada layer fisik sehingga membuat drop pada komunikasi data.

#### **2.3 Model Layer TCP/IP**

Layer TCP/IP mengimplementasikan arsitektur berlapis yang terdiri dari empat lapis. Empat lapis ini, dapat dipetakan terhadap model



referensi OSI layer. Pada Tugas akhir ini layer yang ditinjau adalah layer fisik, layer internet, dan layer transport.



**Gambar 2.1** Padanan model OSI Layer dengan model TCP/IP

### 2.3.1 Layer Transport

Layer ini berfungsi untuk memecah data ke dalam paket-paket data serta memberikan nomor urut ke paket-paket tersebut sehingga dapat disusun kembali pada sisi tujuan setelah diterima. Selain itu, pada level ini juga membuat sebuah tanda bahwa paket diterima dengan sukses (*acknowledgement*), dan mentransmisikan ulang terhadap paket-paket yang hilang di tengah jalan. Protokol yang terdapat pada layer transport adalah TCP (*Transmission Control Protocol*), UDP (*User Datagram Protocol*), dan SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*). Dalam kasus ini digunakan protokol TCP.



### **2.3.1.1 TCP**

Transmission Control Protocol (TCP) adalah salah satu jenis protokol yang memungkinkan kumpulan komputer untuk berkomunikasi dan bertukar data di dalam suatu *network* (jaringan). TCP dipakai untuk aplikasi-aplikasi yang membutuhkan keandalan data. Pada protokol TCP ini, data dikirim ke tujuannya dalam suatu urutan seperti ketika dikirim. Selain itu, TCP juga mempunyai flow control yaitu untuk mencegah data terlalu banyak dikirimkan pada satu waktu, yang dapat membuat “macet” jaringan.

Flow control adalah proses mengelola laju transmisi data antara dua node untuk mencegah pengirim terlalu cepat kehabisan data dan penerima lambat dalam menerima data. Hal ini adalah mekanisme untuk pengirim dan penerima untuk mengontrol kecepatan transmisi, sehingga node penerima tidak terlalu berat kerjanya dengan data dari transmisi node. Flow control harus dibedakan dari kontrol kongesti, yang fungsinya digunakan untuk mengendalikan aliran data ketika kemacetan telah benar-benar terjadi.

Flow control mempunyai peran yang penting, karena jika komputer pengirim mengirimkan informasi pada tingkat yang lebih cepat dari komputer tujuan untuk menerima dan memproses mereka. Hal ini dapat terjadi jika komputer penerima memiliki beban lalu lintas berat dibandingkan dengan komputer pengirim, atau jika komputer penerima memiliki lebih sedikit daya pemrosesan dari komputer pengirim.

Teknik flow control ada 2 yaitu stop and wait flow control dan sliding window flow control. Dalam kasus ini, menggunakan teknik Stop and wait flow control. Teknik flow control ini memiliki karakteristik dimana sebuah pengirim mengirimkan sebuah frame dan kemudian menunggu acknowledgment (ACK) sebelum memprosesnya lebih lanjut.

### **2.3.2 Layer Internet**

Internet Layer mendefinisikan bagaimana hubungan dapat terjadi antara dua pihak yang berada pada jaringan yang berbeda seperti Network Layer pada OSI. Pada jaringan Internet yang terdiri atas puluhan juta host dan ratusan ribu jaringan lokal, lapisan ini bertugas untuk menjamin agar suatu paket yang dikirimkan dapat menemukan tujuannya dimana pun berada. Oleh karena itu, lapisan ini memiliki peranan penting terutama dalam mewujudkan internetworking yang

meliputi wilayah luas (*worldwide Internet*). Beberapa tugas penting pada lapisan ini adalah:

- Addressing, yakni melengkapi setiap datagram dengan alamat Internet dari tujuan. Alamat pada protokol inilah yang dikenal dengan Internet Protocol Address (IP Address). Karena pengalamatan (addressing) pada jaringan TCP/IP berada pada level ini (software), maka jaringan TCP/IP independen dari jenis media dan komputer yang digunakan.
- Routing, yakni menentukan ke mana datagram akan dikirim agar mencapai tujuan yang diinginkan. Fungsi ini merupakan fungsi terpenting dari Internet Protocol (IP). Sebagai protokol yang bersifat *connectionless*, proses routing sepenuhnya ditentukan oleh jaringan. Pengirim tidak memiliki kendali terhadap paket yang dikirimkannya untuk bisa mencapai tujuan. Router-router pada jaringan TCP/IP lah yang sangat menentukan dalam penyampaian datagram dari penerima ke tujuan.

### **2.3.3 Layer Network**

Protokol pada layer ini menyediakan media bagi system untuk mengirimkan data ke device lain yang terhubung secara langsung., Network Access Layer merupakan gabungan antara Network, Data Link dan Physical layer. Fungsi Network Access Layer dalam TCP/IP disembunyikan, dan protokol yang lebih umum dikenal (IP, TCP, UDP, dll) digunakan sebagai protokol-level yang lebih tinggi.

Fungsi dalam layer ini adalah mengubah IP datagram ke frame yang ditransmisikan oleh network, dan memetakan IP Address ke physical address yang digunakan dalam jaringan. IP Address ini harus diubah ke alamat apapun yang diperlukan untuk physical layer untuk mentransmisikan datagram.

### **2.3.4 Layer Fisik**

Layer fisik merupakan lapisan terbawah yang mendefinisikan besaran fisik seperti media komunikasi, tegangan, arus, dsb. Lapisan ini dapat bervariasi bergantung pada media komunikasi pada jaringan yang bersangkutan. TCP/IP bersifat fleksibel sehingga dapat mengintegrasikan berbagai jaringan dengan media fisik yang berbeda-beda.

## 2.4 Quality of Service

*Quality of Service (QoS)* dapat dikatakan sebagai suatu terminologi yang digunakan untuk mendefinisikan karakteristik suatu layanan (*service*) jaringan guna mengetahui seberapa baik kualitas dari layanan tersebut. Kualitas layanan diukur dengan standar dari *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON). Dalam Tugas Akhir ini parameter QoS yang akan dianalisa adalah packet loss, delay, throughput, dan jitter.

### 2.4.1 Packet loss

Packet loss menunjukkan jumlah paket yang hilang diantara node pengirim dengan node tujuan dan diukur dalam *packet loss*. Pengukuran *packet loss* sebagai bahan analisa jaringan pada komunikasi data secara real time cukup penting. Trafik komunikasi real time yang menggunakan transport protocol UDP tidak dapat menjamin sebuah paket data dapat diterima oleh node tujuan dengan baik. Berbeda dengan pengiriman paket data menggunakan protocol TCP yang proses pengiriman datanya melalui proses three-wayhandshaking. Dengan demikian perlu dipastikan kualitas sebuah jaringan untuk komunikasi data real time, yang disebut sebagai QoS (*Quality of Service*).

Menghitung Packet loss (dalam persen) digunakan rumus berikut:

$$\text{Packet Loss} = \left[ \frac{\text{Total Packet loss}}{\text{Total Packet Sent}} \right] \times 100 \quad (2.1)$$

**Tabel 2.1** Standar Packet loss berdasarkan TIPHON

<i>Packet loss</i>	Kualitas
0%	Sangat Bagus
3%	Bagus
15%	Sedang
25%	Jelek

### 2.4.2 Delay

Delay didefinisikan sebagai selisih waktu pengiriman sebuah paket saat dikirimkan dengan saat paket tersebut diterima pada *node* tujuan. Delay disebut juga dengan istilah *latency* terdiri dari beberapa



faktor penundaan yaitu *propagation delay* atau *transmission delay* yaitu penundaan akibat waktu tempuh paket selama dalam saluran transmisi yang *bandwidth* nya berbeda-beda, *queing delay* yaitu waktu antrian paket sebelum dilewatkan pada saluran transmisi dan lainnya. Waktu tunda dinyatakan dalam satuan detik.

**Tabel 2.2** Parameter Delay Berdasarkan ITU-T G.114

Nilai Delay	Kualitas
0-150 ms	Baik
150-400 ms	Cukup, masih dapat diterima
>400 ms	Buruk, tidak dapat diterima

#### 2.4.3 Jitter

Jitter adalah perbedaan selang waktu kedatangan antar paket di terminal tujuan atau dengan kata lain jitter merupakan variasi dari delay. Besarnya nilai jitter mengakibatkan rusaknya data yang diterima, baik itu berupa penerimaan yang terputus-putus atau hilangnya data akibat overlap dengan paket data yang lain. Untuk mengatasi jitter maka paket yang datang atau melewati sebuah *node* akan diantrikan terlebih dahulu dalam *jitter buffer* selama waktu tertentu hingga nantinya paket dapat diterima pada node tujuan dengan urutan yang benar.

**Tabel 2.3** Parameter Jitter berdasarkan TIPHON

Nilai Jitter	Kualitas
0 ms	Sangat Bagus
0 – 75 ms	Bagus
76 – 125 ms	Sedang

#### 2.4.4 Throughput

Throughput diartikan sebagai laju data aktual per satuan waktu (*bits per second*). Biasanya throughput selalu dikaitkan dengan *bandwidth*. Karena throughput memang bisa disebut sebagai *bandwidth* dalam kondisi yang sebenarnya. *Bandwidth* lebih bersifat tetap sementara throughput sifatnya dinamis tergantung trafik yang sedang terjadi. Cara untuk menghitung throughput sebagai berikut :



$$\text{Max. Throughput} = \text{TCP Window Size} / \text{Round-trip time} \quad (2.2)$$

## 2.5 SLA (*Service Level Agreement*) [12]

SLA atau *Service Level Agreement* adalah indikator tingkat pelayanan dari suatu penyedia layanan dalam hal ini adalah APB PLN Jawa Timur. Indikator ini diukur dengan suatu angka yang umumnya identik dengan angka presentase. Parameter yang ditinjau dalam SLA yaitu *availability*. Untuk memperoleh nilai dari parameter tersebut didapatkan data dari hasil simulasi jaringan telekomunikasi dengan *software* kemudian dikalkulasikan dengan memperhitungkan nilai dari parameter kualitas jaringan. Parameter kualitas jaringan yang ditinjau yaitu MTBF dan MTTR.

### 2.5.1 Parameter komponen SLA

Kinerja jaringan menjadi komponen yang penting dalam berbagai sistem komunikasi. Komponen parameter kualitas jaringan yang digunakan untuk menghitung nilai dari SLA yaitu MTBF dan MTTR.

#### 2.5.1.1 MTBF [5]

Mean Time Between Failure (MTBF) adalah istilah dalam perhitungan kehandalan yang artinya waktu peralatan atau aset atau komponen mulai operasi sampai dengan *failure*. Semakin tinggi MTBFnya maka peralatan cenderung *reliable*.

Secara matematis MTBF dapat dirumuskan :

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Total Time}}{\text{Number of Failure}} \quad (2.3)$$

#### 2.5.1.2 MTTR [5]

*Mean Time to Repair* (MTTR) adalah ukuran dasar maintainability diperbaiki item. MTTR merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki komponen yang gagal atau perangkat. Secara matematis adalah total pemeliharaan korektif waktu dibagi dengan jumlah total tindakan pemeliharaan korektif selama periode waktu tertentu.

MTTR biasanya dianggap juga mencakup waktu dari saat kegagalan terjadi sampai terdeteksi. MTTR sering menjadi bagian dari kontrak pemeliharaan, dimana sistem yang MTTR adalah 24 jam

umumnya lebih berharga dari pada satu dari 7 hari jika waktu yang berarti antara kegagalan adalah sama, karena operasionalnya *availability* lebih tinggi. Namun, dalam konteks kontrak pemeliharaan, itu akan menjadi penting untuk membedakan apakah MTTR dimaksudkan untuk menjadi ukuran waktu yang berarti antara titik dimana kegagalan tersebut pertama kali ditemukan sampai titik di mana kembali peralatan untuk operasi (biasanya diistilahkan "berarti waktu untuk pemulihan"), atau hanya ukuran waktu berlalu antara titik di mana perbaikan benar-benar dimulai sampai titik di mana kembali peralatan untuk operasi (biasanya disebut "berarti waktu untuk memperbaiki"). Secara matematis, MTTR dapat dirumuskan :

$$MTTR = \frac{\text{Total Maintenance Time}}{\text{Number of repair}} \quad (2.4)$$

### 2.5.2 Parameter SLA

Komponen parameter SLA dikalkulasikan untuk mendapatkan hasil dari nilai parameter SLA. Parameter SLA yang ditinjau yaitu *availability*.

#### 2.5.2.1 Availability [2]

Availability merupakan aspek yang menjamin bahwa data tersedia ketika dibutuhkan. Hilangnya layanan dapat disebabkan oleh berbagai hal , dalam kasus ini adalah kerusakan atau putusnya media link komunikasi (secara fisik) . Perhitungan Availability didasarkan pada *mean time between failures* (MTBF) dari komponen dalam jaringan dan *mean time to repair* (MTTR) atau berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk pulih dari kegagalan.

$$\text{Availability} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100 \quad (2.5)$$

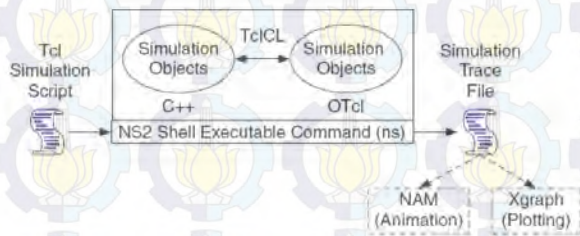
### 2.6 Network Simulator Versi 2 (NS2)

*Network simulator 2* (NS2) adalah perangkat lunak untuk kebutuhan simulasi aplikasi, protokol, tipe jaringan, elemen-elemen jaringan, pemodelan jaringan dan pemodelan lalu-lintas jaringan [1]. NS2 merupakan suatu sistem yang bekerja pada sistem operasi Linux dan windows . Namun, pada windows harus menggunakan Cygwin sebagai Linux *Environmentnya*. NS2 bersifat *open-source* dibawah GPL

(Gnu Public License). NS2 dibangun dari 2 bahasa pemrograman yaitu C++, sebagai *library* yang berisi *event scheduler*, protokol, dan *network component* yang diimplementasikan pada simulasi oleh *user*. Kedua adalah bahasa Tcl/Otcl yang digunakan pada *script* simulasi yang ditulis oleh NS2 *user*. Otcl juga berperan sebagai *interpreter*. Bahasa C++ digunakan pada *library* karena C++ mampu mendukung runtime simulasi yang cepat, meskipun simulasi melibatkan simulasi jumlah paket dan sumber data dalam jumlah besar. Sedangkan bahasa Tcl memberikan respon *runtime* yang lebih lambat daripada C++, namun jika terdapat kesalahan, respon Tcl terhadap kesalahan *syntax* dan perubahan *script* berlangsung dengan cepat dan interaktif.

### 2.6.1 Arsitektur Dasar [7]

NS2 terdiri dari 2 bahasa utama yaitu C++ dan Objectoriented Tool Command Language (Otcl). Apabila C++ mendefinisikan mekanisme internal dari objek simulasi, maka Otcl menyusun simulasi dengan mengumpulkan dan mengatur objek. C++ dan Otcl terhubung oleh TclCL. Arsitektur dasar dari NS dapat digambarkan seperti berikut:



**Gambar 2.2** Arsitektur dasar NS2

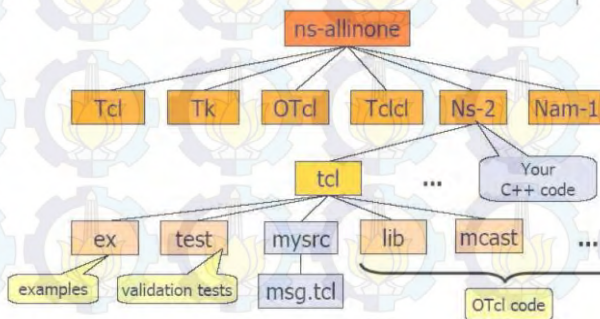
Setelah simulasi, *output* dari hasil simulasi NS2 berupa *textbased* dan *animation-based*. Untuk menginterpretasi hasil *output* secara grafis dan interaktif, digunakan sebuah tool seperti NAM (Network Animator) dan Xgraph. Hasil *output* dari simulasi jaringan, tidak hanya dapat dilihat dengan Xgraph tetapi dapat juga menggunakan *software* yang terintegrasi dengan NS2 yaitu Tracegraph.



Untuk melakukan analisa *behavior* dari jaringan, *user* dapat mengekstrak bagian yang relevan dari hasil yang *text-based* dan mengubah ke dalam bentuk yang dapat dipahami.

### 2.6.2 Komponen pembangun NS2 [7]

Komponen pembangun NS dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



**Gambar 2.3** Komponen pembangun NS2

#### Keterangan :

**Tcl (Tool command language)** : *Scripting programming* untuk konfigurasi network simulator

**Otel (Object Tcl)** : Tcl Interpreter yang melakukan inisiasi event scheduler, membangun topologi jaringan berbasis objek serta memberitahu sumber traffic saat memulai dan mengakhiri pengiriman paket melalui event scheduler.

**TK** : Tool Kit

**Tclcl** : Bahasa pemrograman untuk menyediakan linkage antara C++ dan OTcl berupa *class hierarchy*, *object instantiation*, *variable binding* dan *command dispatching*.

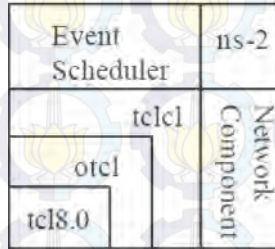
**NS2** : Network Simulator versi 2

**Nam (Network animator)** : NAM menyediakan interpretasi visual dari topologi jaringan yang dibuat.



### 2.6.3 Hubungan antar komponen pembangun NS2[7]

Pada **Gambar 2.4** merepresentasikan struktur umum hubungan antar komponen pembangun NS.



**Gambar 2.4** Struktur umum pembangun NS2

Pada deskripsi ini pengguna NS2 berada pada pojok kiri bawah, melakukan desain dan menjalankan simulasi dalam bahasa Tcl. Dalam simulasi, pengguna memanggil dan menggunakan objek simulator pada *library* Otcl. *Event Scheduler* dan sebagian besar *network component* pada NS2. Ditulis dalam bahasa C++, Ini diakses oleh Otcl melalui Otcl link yang diimplementasikan dengan menggunakan Tclc.

### 2.7 Fiber Optik

Serat atau fiber optik merupakan jenis media komunikasi yang terbuat dari bahan gelas atau plastik yang dapat digunakan untuk merambatkan sinyal-sinyal cahaya. Saat ini aplikasi serat optik sebagai sarana transmisi telah banyak digunakan pada sistem komunikasi (suara, data, dan gambar).

Namun untuk aplikasinya masih banyak keterbatasan mengingat kondisi lingkungan untuk penggunaan serat optik terutama antara gardu-gardu induk dan pusat-pusat pengaturan beban untuk komunikasi data, suara, teleproteksi maupun kebutuhan komunikasi internal lainnya, yang mana sangat berbeda kondisinya dengan kebutuhan komersial fiber optik pada umumnya. Pada aplikasi sistem tenaga listrik terutama dengan memanfaatkan tiang-tiang listrik tegangan tinggi, tegangan menengah dan tiang-tiang jaringan distribusi yang telah tersedia. Hingga saat ini terdapat 3 jenis kabel serat optik yang sudah banyak digunakan dalam lingkungan sistem kelistrikan.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM**

#### **3.1 Gambaran umum perancangan kerja sistem**

Topologi jaringan APB PLN Jawa Timur (jaringan *existing*) diimplementasikan dengan membuat simulasi jaringan menggunakan *software* NS2. Simulasi yang dilakukan menyertakan gangguan yang biasanya terjadi yaitu kesalahan terminasi yang berakibat jaringan menjadi drop paket komunikasi data sehingga terjadi *maintenance* beberapa jam pada jaringan. Drop jaringan yang dimaksud adalah putusnya media transmisi fiber optik. Jika terjadi drop maka secara otomatis akan 'route' ke link jaringan yang sedang 'idle' sampai link jaringan baik seperti semula kemudian kembali ke link sebelumnya. Dari hasil simulasi tersebut maka dilakukan evaluasi terhadap hasil kinerja jaringan.

Pemodelan usulan jaringan baru dibuat simulasi jaringan menggunakan *software* NS2 dengan menyertai drop paket komunikasi data pada jaringan di beberapa link tertentu. Hasil dari simulasi tersebut dilakukan evaluasi dan dilakukan perbandingan kinerja terhadap jaringan *existing*. Jika pemodelan jaringan baru yang diusulkan, menunjukkan hasil *availability* lebih besar dari jaringan *existing* maka akan dilakukan rekomendasi jaringan.

#### **3.2 Skenario perancangan**

Pada jaringan *existing* dibuat skenario drop disetiap link satu per satu secara bergantian. Drop link dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi sistem secara keseluruhan jika terjadi drop jaringan di suatu link tertentu. Pada kasus ini terdapat 33 link, sehingga dilakukan percobaan sebanyak 33 kondisi. Dari hasil tiap kondisi drop link yang berbeda-beda tersebut, dilakukan evaluasi hasil simulasi yang terjadi pada setiap link yang drop. Hasil simulasi tersebut ditinjau dan dibandingkan untuk dilakukan analisis sebagai pedoman perancangan usulan jaringan baru.

Usulan jaringan baru dan jaringan *existing* dibuat pemodelan kondisi dengan contoh kasus yang sama. Kondisi yang dimodelkan diambil beberapa contoh kasus dalam skala waktu 3 bulan pada kondisi yang sebenarnya dan waktu 91 detik dalam waktu simulasi yang dibagi menjadi 3 bagian waktu simulasi. Dari kondisi tersebut dilakukan pemberian gangguan jaringan akibat kesalahan terminasi dilapangan.

Pemberian gangguan dilakukan dengan drop komunikasi data pada waktu tertentu kemudian kembali normal pada waktu tertentu. Dari kondisi *maintenance* kedua jaringan tersebut maka dibandingkan hasil kinerja keduanya. Hasil kinerja yang ditinjau berupa QOS (Throughput, jitter, packet loss, dan delay) dan nilai SLA (*availability*). Hasil dari kedua jaringan tersebut dievaluasi, kemudian hasil kinerja yang lebih baik akan direkomendasikan.

### **3.3 Perencanaan perangkat pendukung**

Sebelum melakukan perancangan dan implementasi sistem tentunya dibutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai penunjang. Perangkat ini dipersiapkan untuk mengintegrasikan sebuah sistem agar dapat menghasilkan keluaran sesuai yang diharapkan.

#### **3.3.1 Kebutuhan perangkat keras**

Spesifikasi PC/laptop yang digunakan sangat berpengaruh pada efisiensi waktu. Pada PC /Laptop dengan spesifikasi rendah proses instalasi dan validasi dapat menghabiskan waktu lama. Dalam pengerjaan tugas akhir ini kebutuhan perangkat keras yang digunakan adalah Laptop HP Probook 4420.

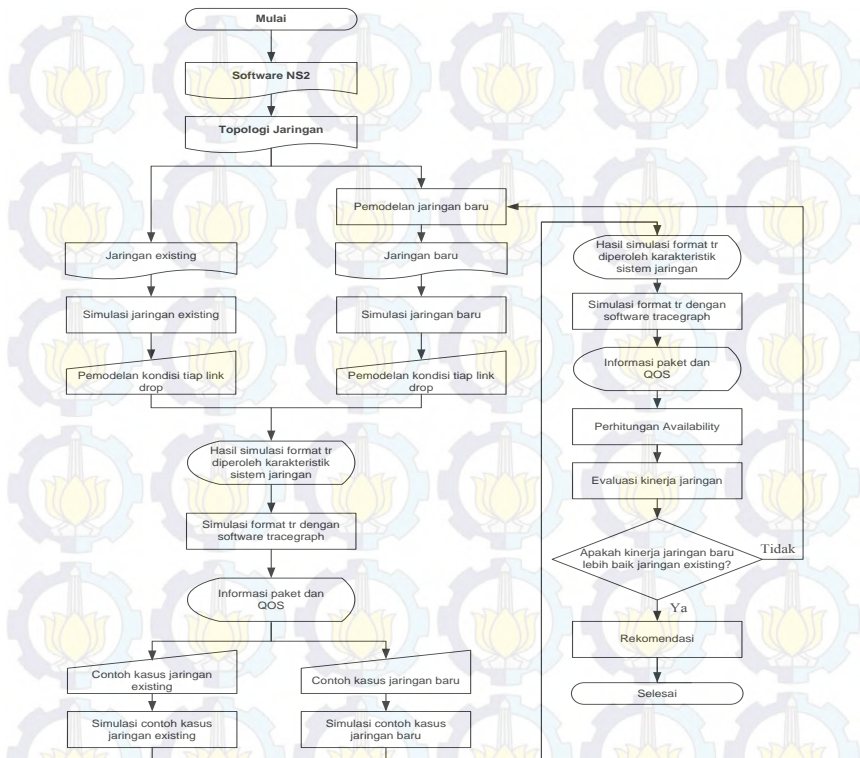
#### **3.3.2 Kebutuhan perangkat lunak**

Pada Tugas Akhir ini menggunakan sistem operasi Ubuntu versi 14.04 LTS. Perancangan jaringan dengan *software open source* Network Simulator versi 2 (NS2) dan dengan integrasi *software* Tracegraph untuk mengetahui hasil dari kinerja simulasi jaringan di NS2. Hasil dari simulasi menggunakan Tracegraph dapat diperoleh dari hasil simulasi *software* Network Simulator versi 2 atau NS2. Dapat dikatakan bahwa NS2 dengan Tracegraph saling berkaitan dan terintegrasi.

### **3.4 Flowchart perancangan dan implementasi jaringan**

Pada Tugas Akhir ini dibuat flowchart tentang langkah perancangan dan implementasi jaringan telekomunikasi APB PLN Jawa Timur. Perancangan dan implementasi pada flowchart ini dititik beratkan pada langkah sistem yang berada di dalam *software* NS2. Pada **Gambar 3.1**, menunjukkan flowchart perancangan dan implementasi jaringan.





**Gambar 3.1** Flowchart perancangan dan implementasi jaringan

### 3.5 Implementasi perangkat lunak Jaringan

Simulasi dibuat berdasarkan keadaan di APB PLN Jawa Timur.

Keadaan yang disesuaikan yaitu :

1. Jarak antar node.
2. Bandwidth.
3. Jenis Protokol.
4. Jenis Antrian.
5. Jenis Gangguan.
6. Jenis Topologi.



7. Jenis Komunikasi.
8. Jumlah node.
9. Jumlah Link.
10. Paket maksimal tiap node.
11. Jenis media transmisi.

### **3.6 Pembuatan simulasi jaringan**

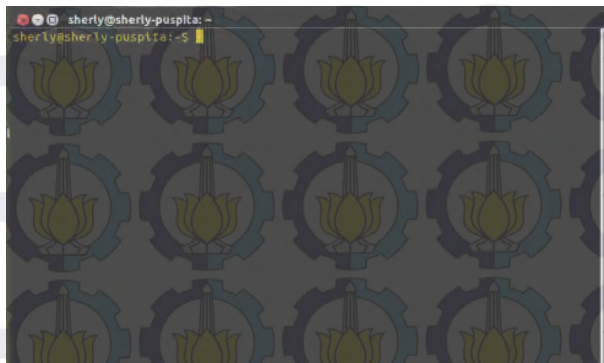
Membangun topologi jaringan menggunakan NS2, dilakukan dengan membuat program dengan bahasa tcl. Struktur program yang dibangun secara garis besar yaitu :

1. Inisialisasi pembuatan pertama network simulator.
2. Inisialisasi warna aliran data pada NAM.
3. Program Trace file.
4. Program membuka NAM trace file.
5. Inisialisasi pengaturan *start* program yang akan di tampilkan.
6. Inisialisasi kegagalan jaringan.
7. Membuat sejumlah node.
8. Pemberian label.
9. Membuat link antar node.
10. Posisi node pada NAM.
11. Protokol agent dan attach kedalam node.
12. Inisialisasi fid.
13. Jenis trafik dan attach kedalam protokol.
14. Jadwal pengiriman traffik.
15. Pengaturan drop dan up pada link yang gagal.
16. Inisialisasi pengaturan 'finish' program yang akan di tampilkan.
17. Program eksekusi terakhir sampai dengan " \$ns run ".

Setelah program dilakukan, kemudian file disimpan dengan format tcl. Menjalankan program file dengan memanggil melalui terminal dengan cara masuk ke tempat penyimpanan file kemudian mengetik ns <nama file>, muncul tampilan animasi (NAM) topologi yang telah dibuat. Pada NAM dapat melihat kondisi aliran data, bentuk topologi dan waktu yang digunakan semua dalam bentuk simulasi.

Analisa hasil kinerja jaringan, berupa parameter Jitter, delay, throughput, dan *packet loss* didapatkan dengan cara :

1. Membuat program untuk setiap parameter yang ditinjau. Misal delay berformat tcl tersendiri dari program utama topologi.
2. *Include* nama program file setiap parameter yang akan ditinjau. Panggil program tersebut didalam *script* tcl program utama topologi.
3. Program topologi utama dipanggil pada terminal, hasil parameter yang telah di-*setting* akan muncul hasilnya di terminal.



Gambar 3.2 Tampilan terminal eksekusi program



Gambar 3.3 Tampilan NAM

### 3.7 Penjelasan umum topologi jaringan

Sebanyak 30 node merepresentasikan tiap titik gardu induk yang tersebar di wilayah Jawa Timur. Disetiap gardu induk terdapat sensor yang bertugas untuk mengetahui keadaan dari gardu induk. Setiap gardu induk atau setiap node bertindak sebagai RTU (*Remote terminal Unit*) yang hasil datanya akan selalu dipantau dan dikirimkan ke MS (*Master Station*) yang berada di Waru. Aliran data pada setiap node akan bermuara di node 0 yaitu gardu induk Waru sebagai pusat (*Master Station*) dari semua node di Jawa Timur.

Gardu induk Waru pada simulasi digambarkan dengan kotak merah (node 0) yang mengindikasikan sebagai pusat dari semua node dan bermuaranya semua aliran data node. Hubungan gardu Induk Waru dengan setiap gardu induk yang tersebar di Jawa Timur adalah full-duplex. Tiap node secara bersamaan mengirimkan data menuju node 0 melalui link yang sudah didesain dengan langkah melewati node tiap node.

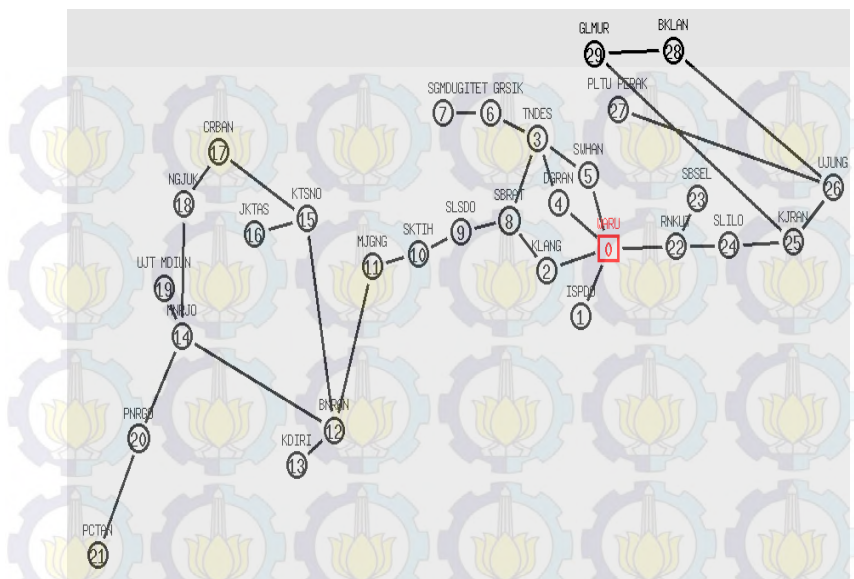
### 3.8 Jaringan Existing

Jaringan *existing* merupakan jaringan yang sekarang sudah terpasang dan aktif digunakan di APB P3B PLN Jawa Timur. Pada jaringan *existing* yang sebenarnya pada APB PLN Jawa Timur terdapat 270 link dengan media tranmisi fiber optik, radio link, dan microwave. Pada tugas akhir ini difokuskan pada link-link yang menggunakan media transmisi fiber optik. Link yang menggunakan fiber optik pada APB P3B PLN sebanyak 33 link sehingga cakupan kerja pada tugas akhir ini sebanyak 33 link dengan media transmisi fiber optik.

#### 3.8.1 Topologi jaringan *existing*

Topologi pada **Gambar 3.4** merupakan topologi jaringan telekomunikasi di APB P3B PLN Jawa Timur yang menggunakan media transmisi fiber optik. Jumlah node dalam topologi *existing* pada tugas akhir ini sebanyak 30 node dengan 33 link fiber optik. Node-node tersebut tersebar di beberapa wilayah Jawa Timur dan setiap node selalu terintegrasi dengan node 0 atau gardu induk di Waru yang bertindak sebagai master station (MS). Node 0 merupakan pusat semua beban informasi dari seluruh node yang tersebar di wilayah Jawa Timur.





**Gambar 3.4** Topologi Jaringan *Existing*

Karakteristik pada jaringan *existing* dijelaskan pada **Tabel 3.1** .

**Tabel 3.1** Karakteristik Jaringan *Existing*

No	Karakteristik Jaringan	Implementasi
1	Jarak antar node	Pada <b>Tabel 3.3</b>
2	Bandwidth	2 Mbps
4	Jenis media transmisi	Fiber Optik
5	Jenis Antrian	CBR
6	Jenis Protokol	TCP
7	Jenis Gangguan	Putus link fiber optik
8	Jenis Topologi	Star
9	Jenis Komunikasi	Full-Duplex
10	Jumlah node	30
11	Jumlah Link	33
12	Paket maksimal tiap node	1040 Byte
13	Durasi simulasi	5 Detik



Pada setiap node diberikan inisialisasi berupa angka untuk memudahkan dalam perancangan dan analisis. Node yang diberikan angka merepresentasikan nama dan lokasi dari gardu induk pada sebenarnya.

**Tabel 3.2** Inisialisasi node

Inisial Node	GI A	Inisial Node	GI B
20	PNRGO	21	PCTAN
14	MNRJO	20	PNRGO
14	MNRJO	18	NGJUK
18	NGJUK	17	CRBAN
16	JKTAS	15	KTSNO
13	KDIRI	12	BNRAN
12	BNRAN	14	MNRJO
12	BNRAN	15	KTSNO
11	MJGNG	12	BNRAN
10	SKTIH	11	MJGNG
9	BLSDO	10	SKTIH
8	SBRAT	9	BLSDO
8	SBRAT	3	TNDES
8	SBRAT	2	KLANG
7	SGMDU	6	GRSIK
6	GRSIK	3	TNDES
3	TNDES	5	SWHAN
3	TNDES	4	DGRAN
0	WARU	5	SWHAN
0	WARU	2	KLANG
0	WARU	1	ISPDO
0	WARU	22	RNKUT
23	SBSEL	22	RNKUT
22	RNKUT	24	SLILO
24	SLILO	25	KJLAN
25	KJLAN	26	UJUNG
17	CRBAN	15	KTSNO
0	WARU	4	DGRAN
26	UJUNG	27	PLTU PERAK
28	BKLAN	29	GLMUR

Pada **Tabel 3.3** merupakan informasi jarak antar node yang berupa link pada kondisi sebenarnya pada APB P3B PLN Jawa Timur.

**Tabel 3.3** Jarak antar node

Node A	Node B	Jarak (km)
20	21	62,218
14	20	29,5
14	18	39,026
18	17	16,5
16	15	1,2
13	12	0,7
12	14	50,08
12	15	30,8
11	12	27,6
10	11	21
9	10	12
8	9	12
8	3	14,78
8	2	6,846
7	6	28,2
6	3	28,2
3	5	3,2
3	4	3,2
0	5	10,73
0	2	10,73
0	1	1,2
0	22	4,76
23	22	9,18
22	24	6,81
24	25	4,37
25	26	8,2
17	15	25
0	4	10,73
26	27	50
28	29	25

### 3.9 Perancangan usulan Jaringan Baru

Usulan jaringan baru pada APB PLN Jawa timur dirancang berdasarkan karakteristik pada jaringan *existing*. Pada jaringan *existing* dilakukan kondisi drop komunikasi data pada setiap link secara

bergantian. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui hasil kinerja dan status link secara keseluruhan terhadap setiap respon link yang drop. Hasil kinerja dan status link dari kondisi tersebut digunakan sebagai acuan untuk pertimbangan penambahan link baru.

### **3.9.1 Perancangan topologi Jaringan Baru**

Berdasarkan topologi jaringan *existing* pada node 21 (PCTAN) terhubung dengan node 20 (PNRGO) membentuk suatu *link*. Pada simulasi dengan Network Simulator versi 2 (NS2), *Link* tersebut *drop* pada waktu ke 2.0 detik sehingga tidak ada aktifitas komunikasi data diantara kedua node tersebut. Pada waktu 3.0 detik *link* berangsur mulai kembali normal. Pada range waktu kejadian tersebut, maka dilakukan monitoring *respons link* lain yang terintegrasi ditinjau hasil kinerjanya.

Kondisi drop link bergantian dilakukan sejumlah *link* yaitu 33 *drop* dengan *link* yang berbeda. Kemudian dari hasil data tersebut dilakukan evaluasi dari setiap kondisi yang telah dilakukan.

Penambahan link baru pada jaringan *existing* dengan mempertimbangkan 3 aspek, yaitu QOS(*Quality of Service*), status link kritis, dan *availability*.

#### **3.9.1.1 Aspek QOS (*Quality of Service*)**

Nilai QOS (*Quality of Service*) didapatkan dengan melakukan pengujian kondisi tiap link drop bergantian. Hubungan setiap node membentuk suatu link. Gangguan terjadi pada link tertentu menyebabkan drop. Untuk mengetahui setiap respon link yang drop maka dilakukan kondisi dimana jika link drop bagaimana hasil kinerja jaringan secara keseluruhan. Tujuan dari dilakukan kondisi tersebut yaitu hasil QOS-nya digunakan sebagai salah satu pertimbangan pembentukan usulan jaringan baru.

#### **3.9.1.2 Aspek status link kritis**

Aspek status link kritis dilakukan dengan pengelompokan link berdasarkan jumlah status link kritis. Identifikasi link ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui link yang akan dijadikan prioritas penambahan link baru. Semakin banyak jumlah link imbas yang dipengaruhi maka link tersebut semakin kritis. Penambahan pertimbangan link untuk nilai link imbas yang besar akan diprioritaskan. Pada **Tabel 3.4** merupakan link yang terimbas atau berdampak jika node A dan node B terjadi drop komunikasi data.

**Tabel 3.4** Link imbas jika node A dan Node B Drop

Node A	Node B	Jumlah Link imbas jika antara Node A dan Node B Drop	Keterangan
20	21	0	-
14	20	1	21- 20
14	18	0	-
18	17	0	-
16	15	0	-
13	12	0	-
12	14	0	-
12	15	0	-
11	12	9	21-20 ; 20-14; 19-14; 14-18; 18-17; 17-15; 16-15; 15-12; 13-12;
10	11	10	21-20 ; 20-14; 19-14; 14-18; 18-17; 17-15; 16-15; 15-12; 13-12;12-11;
9	10	11	21-20 ; 20-14; 19-14; 14-18; 18-17; 17-15; 16-15; 15-12; 13-12; 12-11; 11-10;
8	9	12	21-20 ; 20-14; 19-14; 14-18; 18-17; 17-15; 16-15; 15-12; 13-12; 12-11; 11-10;10-9;
8	3	0	-
8	2	0	-
7	6	0	-



**Tabel 3.4** Link imbas jika node A dan Node B Drop (lanjutan)

Node A	Node B	Jumlah Link imbas jika antara Node A dan Node B Drop	Keterangan
3	5	0	-
3	4	0	-
0	5	0	-
0	2	0	-
0	1	0	-
0	22	8	22-23;22-24; 24-25;25-26; 25-29;26-27; 26-28;29-28;
23	22	0	-
22	24	6	24-25;25-26; 25-29;26-27; 26-28;29-28;

Dari **Tabel 3.4**, ditunjukkan *link* yang banyak bermasalah jika node A dan node B *drop* adalah node 8 dengan node 9, node 9 dengan node 10, node 10 dengan node 11 dan node 11 dengan node 12. Berdasarkan topologi *existing* node-node tersebut letaknya berdekatan, sehingga dapat dibuat jaringan ring yang menghubungkan kesemua node tersebut. Pada node 0 dengan node 22, node 22 dengan node 24, node 22, node 24 dengan node 25, dan node 25 dengan node 24.

Berdasarkan topologi *existing* letak node-node tersebut berjauhan, namun pada node 27 dengan node 3 berdekatan dan dapat menghubungkan antar node tersebut jika terjadi drop, maka dibuat penambahan link di antara node 3 dengan node 2.

### 3.9.1.3 Aspek ketersediaan link

Ketersediaan link yang dimaksud adalah jika terjadi drop pada suatu link maka link *backup* atau link alternatif apakah tersedia atau tidak. Pada **Tabel 3.5** terdapat kolom node A dan node B, jika node a berhubungan dengan node b terjadi putus link fiber optik maka jumlah alternatif link yang dapat dilalui penting untuk diperhitungkan.

**Tabel 3.5** Jumlah link alternatif jaringan *existing*

Node A	Node B	Jumlah Link Alternatif	Keterangan
20	21	0	-
14	20	0	-
14	18	1	14-12
18	17	1	18-14
16	15	0	-
13	12	0	-
12	14	1	14-18
12	15	1	15-17
11	12	0	-
10	11	0	-
9	10	0	-
8	9	0	-
8	3	1	8-2
8	2	1	8-3
7	6	0	-
6	3	0	-
3	5	2	3-8;3-4
3	4	2	3-9; 3-5
0	5	1	3-5
0	2	1	8-2
0	1	0	-
0	22	0	-
23	22	0	-
22	24	0	-
24	25	0	-
25	26	1	26-28
17	15	1	17-18
0	4	1	4-3
26	27	0	-
28	29	1	28-26

Penambahan link baru juga dipertimbangkan dari ketersediaan jumlah link alternatif pada jaringan *existing*. Link yang tidak memiliki link

alternatif atau jumlah link alternatif sama dengan 0 akan diprioritaskan dilakukan penambahan link.

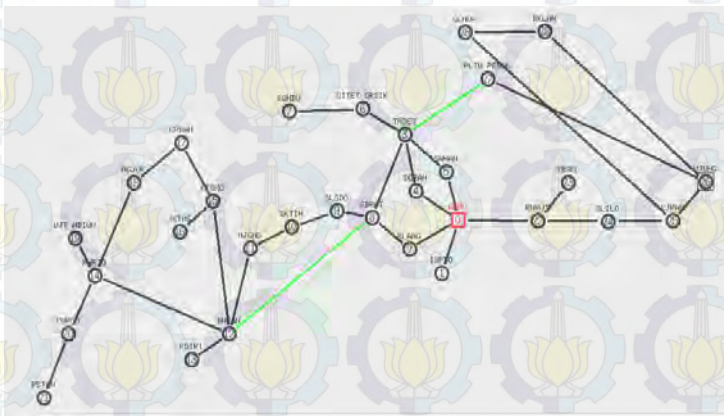
### 3.10 Topologi Jaringan baru

Berdasarkan ketiga aspek pertimbangan perancangan jaringan baru, maka dibuat topologi jaringan baru seperti pada **Gambar 3.5**. Penambahan link dilakukan pada node 12 (BNRAN) menghubungkan node 8 (SBRAT). Sehingga node 12-11-10-9-8-12 membentuk jaringan ring. Penambahan link juga dilakukan pada node 27 (PLTU PERAK) menghubungkan node 3 (TNDES). Pada **Gambar 3.5** direpresentasikan dengan garis berwarna hijau.

Penambahan link baru didasarkan pada hasil QOS jaringan *existing* yang dilakukan kondisi *drop* pada setiap *link* pada *software* tracegraph. Hasil *link* yang menunjukkan jumlah imbas yang lebih banyak, akan diprioritaskan penambahan *backup* link jika terjadi *drop* jaringan.

Pertimbangan dari *availability* jumlah link alternatif pada jaringan *existing* sama dengan 0 akan diprioritaskan dilakukan penambahan link. Namun, tidak semua yang tidak mempunyai link alternatif dilakukan penambahan link dikarenakan meninjau *cost* atau biaya pengeluaran fiber optik yang cukup mahal.

Berdasarkan pertimbangan tersebut diatas maka dirancang usulan topologi jaringan baru.



**Gambar 3.5** Usulan Jaringan baru



Karakteristik pada usulan jaringan baru dijelaskan pada **Tabel 3.6** .

**Tabel 3.6** Karakteristik Usulan Jaringan baru

No	Karakteristik Jaringan	Implementasi
1	Jarak antar node	Pada <b>Tabel 3.3</b>
2	Bandwidth	2 Mbps
4	Jenis media transmisi	Fiber Optik
5	Jenis Antrian	CBR
6	Jenis Protokol	TCP
7	Jenis Gangguan	Delay dan Drop
8	Jenis Topologi	Star
9	Jenis Komunikasi	Full-Duplex
10	Jumlah node	30
11	Jumlah Link	35
12	Paket maksimal tiap node	1040 Byte
13	Durasi simulasi	5 detik

### 3.11 Contoh kasus Jaringan *Existing*

Topologi dan karakteristik sama dengan jaringan *existing*. Kerja jaringan *existing* ditinjau selama 3 bulan yaitu September, Oktober, dan Nopember pada tahun 2015. Nilai availability dikalkulasikan disetiap bulan. Berikut merupakan skenario contoh kasus :

#### ➤ **Bulan September 2015**

Durasi pengamatan sebenarnya : 30 Hari  
 Durasi simulasi software : 30 Detik  
 1 detik : 1 Hari  
 1 jam : 0,04166 Detik  
 Jumlah drop : 5 Kondisi

**Tabel 3.7** Skenario contoh kasus jaringan *existing*, September 2015

Link Drop		Hari ke-	Waktu Drop (detik)	Maintenance (detik)	Waktu kembali Normal (detik)
Node A	Node B				
12	11	9	9,19278	0,08332	9,2761

**Tabel 3.7** Skenario contoh kasus jaringan *existing*, September 2015  
(lanjutan)

Link Drop		Hari ke-	Waktu Drop (detik)	Maintenance (detik)	Waktu kembali Normal (detik)
Node A	Node B				
22	0	10	10,67003	0,12498	10,79501
26	28	13	13,30962	0,20830	13,51792
5	0	22	22,00098	0,08332	22,0843
2	0	25	25,45603	0,29162	25,74765

➤ **Bulan Oktober 2015**

Durasi pengamatan sebenarnya : 31 Hari  
 Durasi simulasi software : 31 Detik  
 1 detik : 1 Hari  
 1 jam : 0,04166 Detik  
 Jumlah drop : 6 Kondisi

**Tabel 3.8** Skenario contoh kasus jaringan *existing*, Oktober 2015

Link Drop		Hari ke-	Waktu Drop (detik)	Maintenance (detik)	Waktu kembali Normal (detik)
Node A	Node B				
20	14	3	3,18872	0,12498	3,3137
7	6	11	11,28041	0,20830	11,48871
13	12	18	18,00014	0,08332	18,08346
11	10	23	23,29904	0,29162	23,59066
25	26	26	26,48792	0,16664	26,65456
8	2	30	30,27841	0,08332	30,36173

➤ **Bulan Nopember 2015**

Durasi pengamatan sebenarnya : 30 Hari  
 Durasi simulasi software : 30 Detik

1 detik : 1 Hari  
 1 jam : 0,04166 Detik  
 Jumlah drop : 4 Kondisi

**Tabel 3.9** Skenario contoh kasus jaringan *existing*, Nopember 2015

Link Drop		Hari ke-	Waktu Drop (detik)	Maintenance (detik)	Waktu kembali Normal (detik)
Node A	Node B				
22	24	5	5,70982	0,08332	5,79314
10	9	14	14,98001	0,12498	15,10499
18	17	19	19,7098	0,16664	19,87644
1	0	26	26,31230	0,20830	26,5206

Berdasarkan **Tabel 3.7** , **Tabel 3.8**, dan **Tabel 3.9** ,Pada hari tertentu terjadi drop dengan inisialisasi tabel Node A dengan Node B sebanyak 1 kejadian putus pada setiap baris pada tabel .Drop yang dimaksud adalah drop jaringan komunikasi data karena kesalahan terminasi fiber optik di lapangan sehingga fiber optik menjadi putus. Hal tersebut menyebabkan antar gardu induk, sistem kendali, dan SCADA terganggu pada sistem komunikasinya.

Sebagai contoh, berdasarkan **Tabel 3.9** dalam bulan Nopember yang terdiri daro 30 hari terjadi 4 kondisi gagal jaringan atau drop komunikasi data. Diasumsikan satu hari ada 1 kondisi drop komunikasi data yang diakibatkan putusnya fiber optik karena terminasi. Kondisi putusnya fiber optik dimodelkan pada hari yang berbeda dengan posisi link yang berbeda dan dengan durasi *maintenance* yang berbeda.

Pemilihan lokasi link berdasarkan lokasi link kritis agar dapat diketahui perubahan yang terjadi pada saat dibandingkan dengan jaringan *existing*.

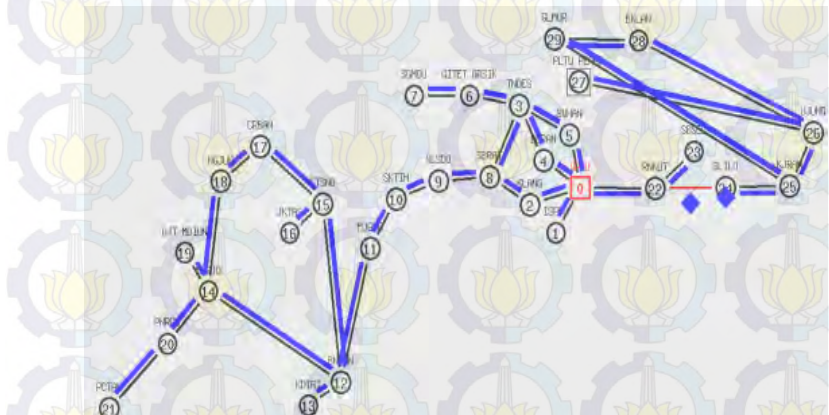
Setiap node secara bersamaan mengirimkan data menuju node 0 atau menuju Gardu Induk Waru dengan protokol yang digunakan adalah TCP dan trafik CBR Aliran pengiriman data yang sedang berlangsung digambarkan dengan warna biru, sedangkan garis hitam penghubung node merepresentasikan media transmisi yaitu fiber optik. Data yang dikirim akan mendapatkan ‘balasan’ (ACK) dari node tujuan sebelum mengirimkan data yang baru. Paket yang dikirim setiap node



mempunyai ukuran yang sama yaitu 1000kb untuk paket asli yang dikirim dan 1040kb untuk paket yang dengan ACK.

Waktu mulai keberangkatan paket data disetting pada waktu ke 0.5 detik disetiap node sampai menuju node 0 dan berakhir pengiriman paket pada 4.5 detik. Dilakukan kondisi sebanyak *drop* 4 *link* atau terjadi putus fiber optik sebanyak 4 kondisi pada waktu yang berbeda, kemudian dilakukan pemulihan jaringan pada terhadap fiber optik yang putus.

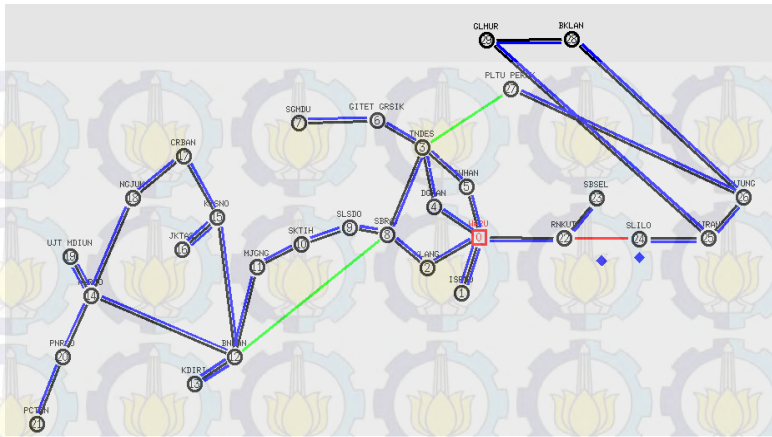
Pada skenario **Tabel 3.9** Pada **Gambar 3.6** merepresentasikan terjadi kegagalan jaringan (*drop*) yang ditunjukkan *link* warna merah dan *drop* paket data yang ditunjukkan dengan jatuhnya aliran data yang berwarna biru pada node 24 menuju node 22.



**Gambar 3.6** Aliran data contoh kasus pada jaringan *Existing*

### 3.12 Contoh kasus Jaringan Baru

Contoh kasus yang dilakukan sama seperti pada jaringan *existing* baik dari segi topologi dan karakteristiknya. Tujuannya agar dapat dibandingkan hasil kinerja keduanya. Berikut adalah tampilan jaringan baru dengan aliran data dan *drop* pada node 22 dengan node 24 sebagai contoh tampilan kondisinya yang ditunjukkan pada **Gambar 3.7**



**Gambar 3.7** Aliran data contoh kasus pada jaringan baru

### 3.13 Metode dan Skenario pengujian

Metode dan skenario untuk evaluasi jaringan *existing* dan usulan jaringan baru dibutuhkan untuk mengetahui kualitas kinerja dari masing-masing jaringan. Pada bagian ini menjelaskan metode dan skenario dalam pengambilan dan analisis data .

#### 3.13.1 Metode Pengujian

Pengujian dilakukan dengan evaluasi kinerja jaringan *existing* maupun usulan jaringan baru terhadap QOS dan SLA (*service level agreement*). Parameter QOS yang ditinjau yaitu delay, jitter, throughput, dan *packet loss*. Parameter SLA yang digunakan yaitu ditinjau dari segi *availability*. Karakteristik jaringan dan gangguan yang sering terjadi disesuaikan dengan kondisi pada APB PLN Jawa Timur. Pada simulasi dimasukan gangguan berupa kondisi yang sama untuk jaringan *existing* dan jaringan baru agar hasil keduanya dapat dibandingkan. Hasil dari kinerja kedua jaringan tersebut dievaluasi dan dianalisis lalu dibuat rekomendasi jaringan baru yang lebih optimal dibandingkan jaringan *existing* yang sebelumnya telah dibandingkan hasil kinerja keduanya.

#### 3.13.2 Skenario Pengujian

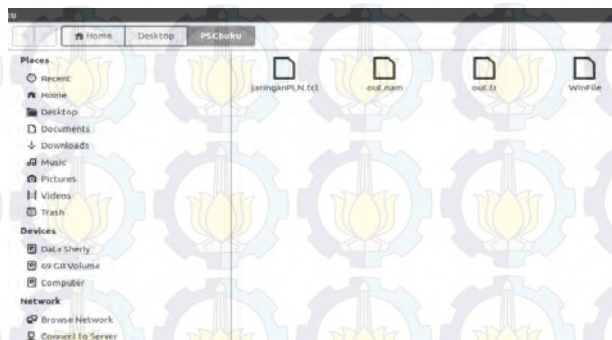
Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil kinerja jaringan *existing* terhadap usulan jaringan baru. Pengujian dilakukan

dengan *software* Tracegraph untuk memperoleh nilai komponen dari parameter untuk perhitungan QOS (*Quality of service*) dan SLA (*Service Level Agreement*).

#### 3.13.2.1 Pengujian dengan *software* Tracegraph

Hasil simulasi menggunakan *software* netwok simulator versi 2 dari sistem topologi jaringan membentuk file hasil *trace* yang berisi karakteristik dari sistem jaringan. File yang terbentuk berformat *tr* secara otomatis akan berada di dalam satu folder dengan file eksekusi (.*tcl*).

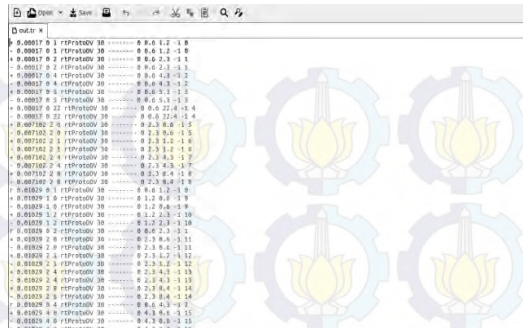
Langkah pengujian jaringan dengan cara simulasi program pada topologi jaringan, kemudian tampilan NAM yang muncul secara otomatis pada saat simulasi program. Pada tampilan NAM tergambar simulasi aliran data pengiriman paket dari tiap node menuju node 0 (Gardu Induk Waru). File hasil simulasi jaringan pada file *tcl* mem'build' secara otomatis pada folder simulasi yang dieksekusi yang mempunyai format *tr*. Analisis hasil simulasi topologi jaringan terdapat pada file berformat *tr* dengan cara memanggil file tersebut melalui terminal dengan perintah *gedit*.



**Gambar 3.8** Tampilan file .*tr* yang otomatis terbentuk dalam folder

Pada **gambar 3.9** merupakan tampilan isi dari file *tr*. Pada file *tr* menampilkan informasi per satuan waktu tentang alur yang berjalan dalam sistem selama simulasi dilakukan.

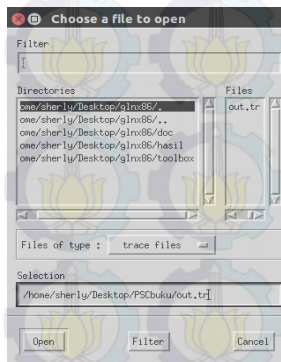




**Gambar 3.9** Tampilan hasil trace format tr

Hasil dari simulasi sistem topologi jaringan didapatkan trace file format tr. Dari file format tr tersebut di simulasi kembali dengan *software* Tracegraph untuk memperoleh hasil nilai parameter dan graph.

Langkah pengujian jaringan dengan *software* Tracegraph, melalui terminal yang dipanggil mengarahkan ke lokasi file *software* Tracegraph.



**Gambar 3.10** Tampilan jendela tracegraph untuk membuka file

Dari hasil simulasi program topologi jaringan pada network simulator (NS2) maka dapat dilakukan simulasi dengan tracegraph. Pada **Gambar 3.11** adalah tampilan karakteristik sistem jaringan yang berhasil disimulasi dengan tracegraph.



**Gambar 3.11** Tampilan jendela karateristik sistem jaringan

Hasil kinerja jaringan mengenai informasi lengkap tentang sistem topologi jaringan secara numerik ditampilkan jendela pada **Gambar 3.12**.



**Gambar 3.12** Tampilan jendela informasi lengkap sistem jaringan

Berdasarkan parameter pengujian, dilakukan pada jaringan *existing* dan usulan jaringan baru dengan cara yang sama. Hasil dari pengujian tersebut kemudian dibandingkan, dianalisis dan direkomendasi atas jaringan baru yang lebih optimal dibandingkan jaringan sebelumnya.

## BAB IV

### PERBANDINGAN DAN ANALISIS KINERJA

Pada bab ini dijelaskan tentang perbandingan hasil kinerja jaringan *existing* dengan usulan jaringan baru. Usulan jaringan baru dibuat untuk meningkatkan nilai *availability* pada jaringan *existing* kemudian dilakukan rekomendasi jaringan.

#### 4.1 Analisis rancangan usulan jaringan baru

Usulan jaringan baru dibuat berdasarkan hasil kinerja dari jaringan *existing* berdasarkan kondisi tiap drop link bergantian. Dengan meninjau hasil nilai QOS, status link kritis, dan nilai *availability* link maka diperoleh referensi untuk merancang penambahan link dan penentuan lokasi link baru yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja dari jaringan *existing*.

##### 4.1.1 Perbandingan kinerja berdasarkan QOS

Kinerja setiap kondisi dibandingkan berdasarkan parameter QOS Parameter QOS yang digunakan yaitu delay, jitter, throughput, dan *packet loss*. Kinerja jaringan ditinjau dari parameter yang telah ditentukan, kemudian hasilnya dibandingkan dengan standarisasi QOS komunikasi data untuk mengetahui kualitas dari hasil parameter tersebut. Pada **Tabel 4.1** merupakan hasil kinerja jaringan *existing* dan jaringan baru berdasarkan aspek QOS. Hasil dari QOS diambil dari kondisi drop bergantian pada topologi jaringan *existing* dan jaringan baru.

Node A dan node B dimaksudkan bahwa pada saat kondisi jaringan berjalan normal maka pada waktu sekian sampai dengan sekian dilokasi node A dengan node B terjadi drop link atau putusnya fiber optik. Pada saat gangguan sampai dengan waktu kembali normal disebut durasi *maintenance*, pada saat *maintenance* dilakukan pengujian terhadap nilai QOS di keseluruhan sistem saat kondisi link putus tersebut terjadi. Pada **Tabel 4.1** merupakan hasil numerik terhadap perbandingan hasil QOS yang berupa parameter delay (ms), *packet loss* (%), jitter (ms), dan throughput pada jaringan *existing* dengan usulan jaringan baru.



**Tabel 4.1** Hasil kinerja jaringan berdasarkan aspek QOS

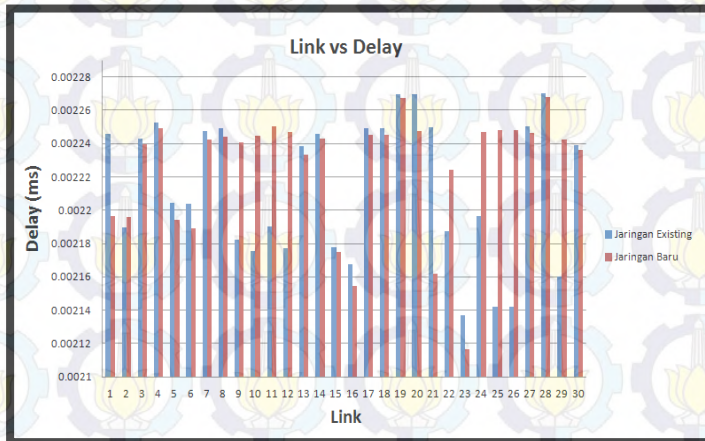
No Node A	No Node B	Delay (ms)		Packet Loss (%)		Jitter(ms)		Throughput (Kbps)	
		Existing	Baru	Existing	Baru	Existing	Baru	Existing	Baru
20	21	0.002246088334	0.002196505433	0.0041903	0.0042009	0.00409176	0.000721	8.544	8.544
14	20	0.002189775596	0.002195694889	0.0041839	0.0041961	3.32529	3.30945	8.544	8.544
14	18	0.002242824868	0.002239315857	0.0042527	0.004245	0.00410393	0.0005084	8.544	8.544
18	17	0.002252826393	0.002249463184	0.0042535	0.0042462	0.392339	0.0003015	8.544	8.544
16	15	0.002204131591	0.002194306244	0.0056148	0.0055871	3.28506	3.45725	8.544	8.544
13	12	0.002203898502	0.002189270323	0.0056143	0.0055725	2.16756	2.16501	8.544	8.544
12	14	0.002247778567	0.002242669161	0.0042472	0.0042363	2.16756	2.16501	8.544	8.544
12	15	0.002249362638	0.002244004426	0.00424	0.0042286	2.16756	2.16501	8.544	8.544
11	12	0.002182136922	0.002240713329	0.0192493	0.0056484	0.00377434	0.0004036	8.544	8.544
10	11	0.002175358615	0.002244427838	0.0055057	0.0042438	0.00438764	0.0003427	8.544	8.544
9	10	0.002190160619	0.002250310452	0.005546	0.0056553	0.391512	0.0002603	8.544	8.544
8	9	0.002177200848	0.002246698465	0.0055093	0.0042333	2.68616	4.09784	8.544	8.544
8	3	0.002238494366	0.002233282628	0.0042468	0.0042354	2.68616	4.09784	8.544	8.544
8	2	0.002246088334	0.002242826664	0.0042446	0.0042375	0.00380805	0.0002125	8.544	8.544
7	6	0.002177602764	0.002175094276	0.0041581	0.0041517	0.00557772	0.0004092	8.544	8.544
6	3	0.002167265598	0.002154388588	0.0055149	0.0054772	0.00557772	0.0004092	8.544	8.544
3	5	0.002249044692	0.002245144254	0.0070912	0.007077	0.00602154	0.0001788	8.544	8.544
3	4	0.002249044692	0.002245142570	0.0070912	0.007077	0.00602154	0.0001788	8.544	8.544
0	5	0.002269855852	0.002267369665	0.0042545	0.0042492	5.24233	3.99557	8.544	8.544
0	2	0.002269855852	0.002247430762	0.0028317	0.0028286	5.24233	3.99557	5.928	5.928
0	1	0.002249629726	0.002161993172	0.0054702	0.0054949	5.24233	3.99557	8.544	8.544
0	22	0.002187361196	0.002224341410	0.0055373	0.0042308	5.24233	3.99557	8.544	8.544
23	22	0.002136797593	0.002116698866	0.0040702	0.0055101	5.58859	9.24229	8.544	8.544

**Tabel 4.1** Hasil kinerja jaringan berdasarkan aspek QOS (lanjutan)

No Node A	No Node B	Delay (ms)		Packet Loss (%)		Jitter(ms)		Throughput (Kbps)	
		Existing	Baru	Existing	Baru	Existing	Baru	Existing	Baru
24	25	0.00214198046	0.002248280510	0.0110711	0.0042438	0.00356086	0.0001901	8.544	8.544
25	26	0.002141980460	0.002247895494	0.0042378	0.0042417	2.65457	2.48868	8.544	8.544
17	15	0.002250092369	0.002246574209	0.004248	0.0042403	3.28506	0.0005084	8.544	8.544
0	4	0.002270132801	0.002267675837	0.0042549	0.0042497	5.24233	3.99557	8.544	8.544
26	27	0.002160304886	0.002242289336	0.004124	0.0042344	84.7964	84.7231	8.544	8.544
28	29	0.002239245378	0.002235906458	0.0042599	0.0042525	0.00442416	0.0003792	8.544	8.544

Berdasarkan hasil QOS pada **Tabel 4.1** nilai delay, jitter, throughput, dan *packet loss* pada jaringan *existing* serta jaringan baru dapat direpresentasikan dengan grafik .

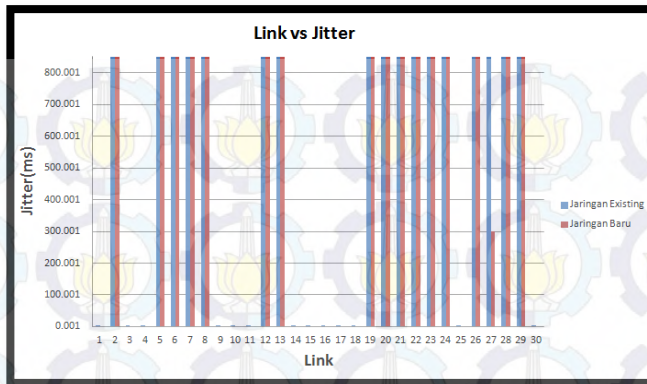
Nilai dari delay jaringan *existing* dengan jaringan baru tidak jauh berbeda. Namun, jika ditinjau secara detail nilai dari delay jaringan baru lebih besar dari jaringan *existing*. Hal tersebut terjadi karena pada jaringan *existing* terjadi penambahan link sehingga menyebabkan delay lebih besar namun tidak menyebabkan berhentinya sistem komunikasi data yang terjadi pada jaringan *existing*. Kondisi ini dapat ditoleransi mengingat delay yang dihasilkan tidak terlalu signifikan dan masih dapat menjaga sistem komunikasi data. Pada **Gambar 4.1** ditunjukkan grafik perbandingan jaringan *existing* dengan jaringan baru terhap delay pada setiap link.



**Gambar 4.1** Grafik link terhadap delay

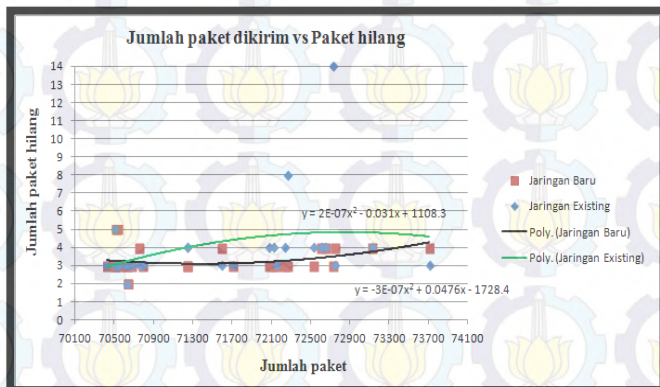
Nilai jitter pada jaringan *existing* dengan jaringan baru secara garis besar adalah sama . Hal tersebut terjadi karena antara jaringan baru dengan jaringan *existing* mempunyai karakteristik yang sama. Pada **Gambar 4.2** merupakan grafik nilai jitter pada setiap link.





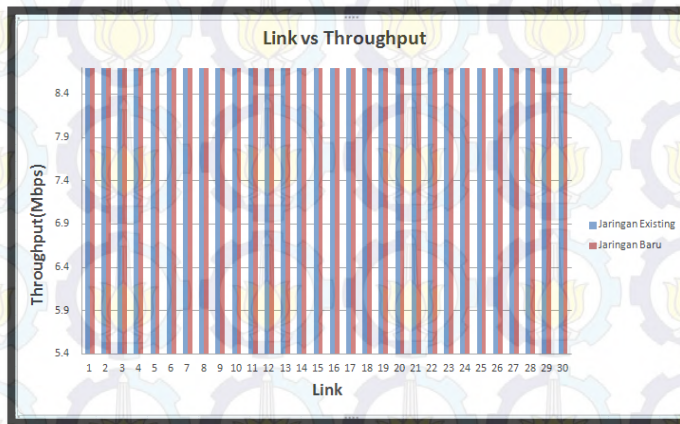
**Gambar 4.2** Grafik link terhadap jitter

Pada jaringan baru perbandingan jumlah paket yang dikirim terhadap jumlah paket yang hilang lebih kecil dibandingkan jaringan *Existing*. Hal tersebut dapat diartikan bahwa jaringan baru dapat meminimalisir kegagalan jaringan komunikasi dalam hal ini drop komunikasi data. Pada **Gambar 4.3** merupakan jumlah paket yang dikirim terhadap jumlah paket yang hilang pada jaringan *existing* dan jaringan baru dengan regresi polynomial orde 2.



**Gambar 4.3** Grafik jumlah paket dikirim dengan jumlah paket hilang

Hasil throughput pada setiap link jaringan baru dengan jaringan *existing* adalah sama. Hal tersebut disebabkan pada jaringan baru tidak dilakukan perubahan pada karakteristik jaringan, melainkan penambahan link pada titik tertentu yang sudah dipertimbangkan berdasarkan faktor QOS, status link, dan *availability*. Pada **Gambar 4.2** merupakan grafik nilai throughput disetiap link pada jaringan baru dengan jaringan *existing*.



**Gambar 4.4** Grafik link terhadap throughput

Nilai QOS pada setiap parameter jaringan *existing* dan jaringan baru termasuk dalam katagori kualitas “sangat baik “ berdasarkan standar TIPHON dan ITU-T G.114.

Pertimbangan data yang diperoleh, tidak ada masalah dengan nilai QOS pada jaringan *existing* dan jaringan baru karena mempunyai nilai QOS dengan katagori sangat baik menurut standarisasi komunikasi data.

#### 4.1.2 Perbandingan berdasarkan jumlah status link kritis

Link yang dijadikan tinjauan penambahan untuk usulan jaringan baru berdasarkan jumlah pengaruh terhadap link lain (link imbas) jika terjadi drop. Acuan dapat dikatakannya link kritis jika memiliki tingkat keberhasilan melakukan komunikasi data  $< 95\%$  .

Berikut merupakan persamaan matematis untuk mencari status dari link kritis :

Keberhasilan link :

$$= \frac{[\text{Jumlah seluruh link} - (\text{Jumlah drop link} + \text{link imbas})]}{\text{Jumlah seluruh link}} \times 100 \quad (4.1)$$

Jika nilai dari Keberhasilan link < 95%, maka merupakan “ link kritis “.

**Tabel 4.2** Jumlah link imbas jaringan

No Node A	No Node B	Inisialisasi Link	Jumlah Link imbas jika antara Node A dan Node B Drop	
			Jaringan Existing	Jaringan Baru
20	21	1	0	0
14	20	2	1	1
14	18	3	0	0
18	17	4	0	0
16	15	5	0	0
13	12	6	0	0
12	14	7	0	0
12	15	8	0	0
11	12	9	9	0
10	11	10	10	0
9	10	11	11	0
8	9	12	12	0
8	3	13	0	0
8	2	14	0	0
7	6	15	0	0
6	3	16	0	0
3	5	17	0	0
3	4	18	0	0
0	5	19	0	0
0	2	20	0	0
0	1	21	0	0
0	22	22	8	0
23	22	23	0	0
22	24	24	6	0
24	25	25	5	0
25	26	26	4	0

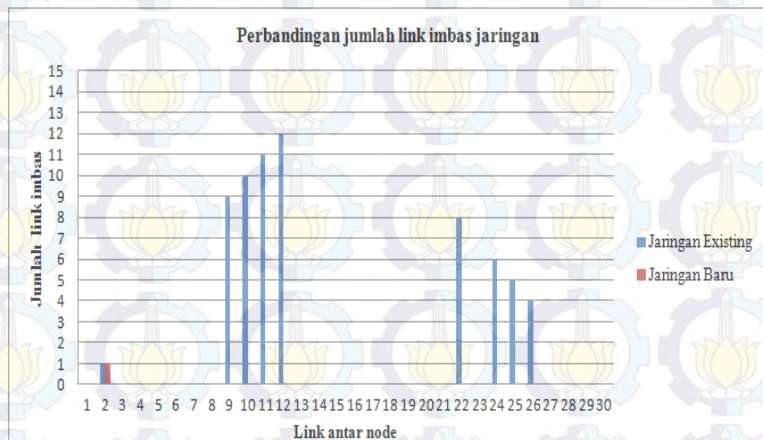


**Tabel 4.2** Jumlah link imbas jaringan (lanjutan)

No Node A	No Node B	Inisialisasi Link	Jumlah Link imbas jika antara Node A dan Node B Drop	
			Jaringan Existing	Jaringan Baru
17	15	27	0	0
0	4	28	0	0
26	27	29	0	0
28	29	30	0	0

Jumlah link kritis pada jaringan *existing* sebanyak 8 link sedangkan jaringan baru tidak mempunyai link kritis. Dari hasil tersebut untuk melakukan penentuan link yang akan ditinjau berdasarkan prioritas link yang jumlah link kritisnya paling banyak.

Berdasarkan informasi **Tabel 4.2** maka dapat direpresantasikan berupa penggambaran dibuat grafik pada **Gambar 4.5**



**Gambar 4.5** Grafik link imbas karena drop link

Pada **Gambar 4.5** drop yang terjadi pada link jaringan *existing* ditunjukkan dengan warna biru sebanyak 9 link imbas. Pada jaringan baru yang ditunjukkan dengan warna magenta sebanyak 1 link imbas. Dari hasil perbandingan tersebut dapat diketahui bahwa jaringan baru dapat meminimalisir pengaruh terhadap link lain jika terjadi drop di link tertentu, sehingga kegagalan jaringan dalam mempertahankan komunikasi datanya dapat dipertahankan.

Pada **Tabel 4.3** menunjukan link kritis dan tidak kritis, yang mempunyai tujuan akhir sebagai pertimbangan pembentukan link baru pada status link kritis. Link kritis merupakan link yang jika terjadi gangguan pada link tersebut maka tidak ada jalur alternatif atau *backup* link untuk aliran komunikasi data tersebut mengalir, maka akan terjadi *maintenance* sehingga putusnya aliran komunikasi data dalam waktu tertentu selama link tersebut sampai kembali normal.

**Tabel 4.3** Status link

Node A	Node B	Nilai keberhasilan komunikasi data jika antara Node A dan Node B Drop			
		Jaringan Existing (%)	Status link	Jaringan Baru (%)	Status link
20	21	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
14	20	93,33	Tidak kritis	93,33	Tidak kritis
14	18	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
18	17	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
16	15	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
13	12	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
12	14	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
12	15	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
11	12	66,67	Kritis	96,67	Tidak kritis
10	11	63,33	Kritis	96,67	Tidak kritis
9	10	60,00	Kritis	96,67	Tidak kritis
8	9	56,67	Kritis	96,67	Tidak kritis
8	3	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
8	2	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
7	6	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
6	3	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis

**Tabel 4.3** Status link (lanjutan)

Node A	Node B	Nilai keberhasilan komunikasi data jika antara Node A dan Node B Drop			
		Jaringan Existing (%)	Status link	Jaringan Baru (%)	Status link
3	5	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
3	4	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
0	5	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
0	2	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
0	1	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
0	22	70,00	Kritis	96,67	Tidak kritis
23	22	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
22	24	76,67	Kritis	96,67	Tidak kritis
24	25	80,00	Kritis	96,67	Tidak kritis
25	26	83,33	Kritis	96,67	Tidak kritis
17	15	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
0	4	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
26	27	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis
28	29	96,67	Tidak kritis	96,67	Tidak kritis

Pada jaringan *existing* jumlah link kritis sebanyak 8 maka lokasi pada 8 link tersebut difokuskan untuk penambahan link baru. Lokasi link baru ditentukan berdasarkan kemungkinan pencarian jalur lain secara otomatis pada link-link kritis. Meninjau hal tersebut maka diusulkan penambahan 2 link pada node 12 dengan node 8 dan node 3 dengan node 7. Hal tersebut dilakukan karna pertimbangan cakupan link baru tersebut untuk meminimalisir imbas terhadap link lain jika terjadi drop jaringan.

**Tabel 4.4** Cakupan link baru terhadap link kritis

Node Baru A	Node Baru B	Jarak antar node (km)	Cakupan link kritis
12	8	46,24	12 --1; 11--10; 10-- 9 ; 9 --8



**Tabel 4.4** Cakupan link baru terhadap link kritis (lanjutan)

Node Baru A	Node Baru B	Jarak antar node (km)	Cakupan link kritis
3	7	8,85	14 -- 20 ; 22 -- 24; 24 -- 25 ; 25 -- 26

#### 4.1.3 Perbandingan berdasarkan availability link

Jika terjadi drop pada suatu link maka *availability* link *backup* atau link alternatif dibutuhkan untuk menjaga kualitas dari jaringan. Berikut adalah informasi perbandingan jumlah link alternatif pada jaringan *existing* dengan jaringan baru :

**Tabel 4.5** Jumlah link alternatif pada jaringan

Node A	Node B	Jumlah Link Alternatif	
		Existing	Baru
20	21	0	0
14	20	0	0
14	18	1	1
18	17	1	1
16	15	0	0
13	12	0	0
12	14	1	1
12	15	1	1
11	12	0	1
10	11	0	1
9	10	0	1
8	9	0	1
8	3	1	1
8	2	1	1
7	6	0	0
6	3	0	0
3	5	2	2
3	4	2	2
0	4	1	1
26	27	0	0

**Tabel 4.5** Jumlah link alternatif pada jaringan (lanjutan)

Node A	Node B	Jumlah Link Alternatif	
		Existing	Baru
28	29	1	1
0	5	1	1
0	2	1	1
0	1	0	0
0	22	0	1
23	22	0	0
22	24	0	1
24	25	0	1
25	26	1	1
17	15	1	1

Pada jaringan *existing*, total link alternatif sejumlah 16 link yang dapat mem-*backup* link pada keseluruhan kondisi drop bergantian. Pada jaringan baru dapat mem-*backup* sejumlah 23 link pada kondisi drop bergantian. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa jaringan baru lebih memungkinkan untuk menjaga kestabilan jaringan dalam meningkatkan SLA karena mempunyai link backup lebih banyak dibandingkan dengan jaringan *existing*.

#### 4.2 Perbandingan hasil pengujian contoh kasus

Contoh kasus yang sama diterapkan pada jaringan *existing* dan jaringan baru. Contoh kasus ditinjau dari 3 bulan, yaitu September, Oktober, dan Nopember pada tahun 2015. Adapun skenario contoh kasus adalah sebagai berikut :

##### ➤ Bulan September 2015

Durasi pengamatan sebenarnya : 30 Hari  
 Durasi simulasi software : 30 Detik  
 1 detik : 1 Hari  
 1 jam : 0,04166 Detik  
 Jumlah drop : 5 Kondisi

**Tabel 4.6** Skenario contoh kasus jaringan Bulan September 2015

Link Drop		Hari ke-	Waktu Drop (detik)	Maintenance (detik)	Waktu kembali Normal (detik)
Node A	Node B				
12	11	9	9,19278	0,08332	9,2761
22	0	10	10,67003	0,12498	10,79501
26	28	13	13,30962	0,20830	13,51792
5	0	22	22,00098	0,08332	22,0843
2	0	25	25,45603	0,29162	25,74765

**Keterangan :** Rata-rata dari 10 kali percobaan

*Service level agreement* (SLA) pada PLN APB Jawa Timur dalam Tugas Akhir ini mencakupi parameter *availability*. Untuk memperoleh nilai *availability*, maka MTBF (*mean time between failure*) dan MTTR (*mean time to repair*) perlu dilakukan kalkulasi .

**Tabel 4.7** Hasil simulasi jaringan pada Bulan September 2015

	Jaringan Existing	Jaringan Baru
<b>Total Time</b>	30 detik	30 detik
<b>Number of failure</b>	5	5
<b>Total maintenance time</b>	0,4166 detik	0,20830 detik
<b>Number of Repair</b>	2	3
<b>Total Success Network</b>	2	3
<b>Total Execution Network</b>	5	5

**Perhitungan MTBF :**

Jaringan Existing :

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF} &= \frac{\text{Total Time}}{\text{Number of Failure}} & (4.2) \\
 &= \frac{30 \text{ Detik}}{5}
 \end{aligned}$$



= 6 Detik

Waktu fiber optik mulai bekerja sampai dengan terjadi putus adalah  
**6 Detik**

Jaringan Baru :

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \frac{\text{Total Time}}{\text{Number of Failure}} & (4.3) \\ &= \frac{30 \text{ Detik}}{5} \\ &= 6 \text{ Detik} \end{aligned}$$

Waktu fiber optik mulai bekerja sampai dengan terjadi putus adalah  
**6 Detik**

**Perhitungan MTTR :**

Jaringan Existing :

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \frac{\text{Total Maintenance Time}}{\text{Number of repair}} & (4.4) \\ &= \frac{0,4166 \text{ Detik}}{2} \\ &= 0,2083 \text{ Detik} \end{aligned}$$

Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki putus fiber optik adalah **0,2083 Detik**.

Jaringan Baru :

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Total Maintenance Time}}{\text{Number of repair}} \quad (4.5)$$

$$= \frac{0,4166 \text{ Detik}}{3}$$

$$= 0,10415 \text{ Detik}$$

Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki putus fiber optik adalah **0,10415 Detik**.

#### **Parameter SLA Jaringan :**

##### **Jaringan Existing :**

$$\text{Availability} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 \quad (4.6)$$

$$= \frac{6}{6 + 0,2083} \times 100$$

$$= 96,64 \%$$

Aspek yang menjamin bahwa data tersedia pada jaringan *existing* ketika dibutuhkan sebesar **96,64 %**.

##### **Jaringan Baru :**

$$\text{Availability} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 \quad (4.7)$$

$$= \frac{6}{6 + 0,10415} \times 100$$

$$= 98,29 \%$$

Aspek yang menjamin bahwa data tersedia pada jaringan baru ketika dibutuhkan sebesar **98,29 %**.

➤ **Bulan Oktober 2015**

Durasi pengamatan sebenarnya : 31 Hari  
 Durasi simulasi software : 31 Detik  
 1 detik : 1 Hari  
 1 jam : 0,04166 Detik  
 Jumlah drop : 6 Kondisi

**Tabel 4.8** Skenario contoh kasus jaringan Bulan Oktober 2015

Link Drop		Hari ke-	Waktu Drop (detik)	Maintenance (detik)	Waktu kembali Normal (detik)
Node A	Node B				
20	14	3	3,18872	0,12498	3,3137
7	6	11	11,28041	0,20830	11,48871
13	12	18	18,00014	0,08332	18,08346
11	10	23	23,29904	0,29162	23,59066
25	26	26	26,48792	0,16664	26,65456
8	2	30	30,27841	0,08332	30,36173

**Keterangan** : Rata-rata dari 10 kali percobaan

*Service level agreement* (SLA) pada PLN APB Jawa Timur dalam tugas akhir ini mencakupi parameter *availability*. Untuk memperoleh nilai *availability*, maka MTBF (*mean time between failure*) dan MTTR (*mean time to repair*) perlu dilakukan kalkulasi.

**Tabel 4.9** Hasil simulasi jaringan pada Bulan Oktober 2015

	Jaringan Existing	Jaringan Baru
<b>Total Time</b>	31 detik	31 detik
<b>Number of failure</b>	6	6
<b>Total maintenance time</b>	0,70822 detik	0,4166 detik
<b>Number of Repair</b>	2	3
<b>Total Success Network</b>	2	3
<b>Total Execution Network</b>	6	6



### Perhitungan MTBF :

Jaringan Existing :

$$MTBF = \frac{\text{Total Time}}{\text{Number of Failure}} \quad (4.8)$$

$$= \frac{31 \text{ Detik}}{6} \\ = 5,156 \text{ Detik}$$

Waktu fiber optik mulai bekerja sampai dengan terjadi putus adalah **5,156 Detik**

Jaringan Baru :

$$MTBF = \frac{\text{Total Time}}{\text{Number of Failure}} \quad (4.9)$$

$$= \frac{31 \text{ Detik}}{6} \\ = 5,156 \text{ Detik}$$

Waktu fiber optik mulai bekerja sampai dengan terjadi putus adalah **5,156 Detik**

### Perhitungan MTTR :

Jaringan Existing :

$$MTTR = \frac{\text{Total Maintenance Time}}{\text{Number of repair}} \quad (4.10)$$

$$= \frac{31 \text{ Detik}}{2}$$

$$= 0,3541 \text{ Detik}$$

Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki putus fiber optik adalah **0,3541 Detik**.

Jaringan Baru :

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \frac{\text{Total Maintenance Time}}{\text{Number of repair}} & (4.11) \\ &= \frac{31 \text{ Detik}}{3} \\ &= 0,2083 \text{ Detik} \end{aligned}$$

Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki putus fiber optik adalah **0,2083 Detik**.

**Parameter SLA Jaringan :**

Jaringan Existing :

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 & (4.12) \\ &= \frac{5,156}{5,156 + 0,3541} \times 100 \\ &= 93,58 \% \end{aligned}$$

Aspek yang menjamin bahwa data tersedia pada jaringan *existing* ketika dibutuhkan sebesar **93,58 %**

Jaringan Baru :

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 & (4.13) \\ &= \frac{5,156}{5,156 + 0,2083} \times 100 \end{aligned}$$

$$= 96,12 \%$$

Aspek yang menjamin bahwa data tersedia pada jaringan baru ketika dibutuhkan sebesar **96,12%**.

➤ **Bulan Nopember 2015**

Durasi pengamatan sebenarnya : 30 Hari  
 Durasi simulasi software : 30 Detik  
 1 detik : 1 Hari  
 1 jam : 0,04166 Detik

**Tabel 4.10** Skenario contoh kasus jaringan Bulan Nopember 2015

Link Drop		Hari ke-	Waktu Drop (detik)	Maintenance (detik)	Waktu kembali Normal (detik)
Node A	Node B				
22	24	5	5,70982	0,08332	5,79314
10	9	14	14,98001	0,12498	15,10499
18	17	19	19,7098	0,16664	19,87644
1	0	26	26,31230	0,20830	26,5206

**Keterangan :** Rata-rata dari 10 kali percobaan

*Service level agreement* (SLA) pada PLN APB Jawa Timur dalam tugas akhir ini mencakupi parameter *availability*. Untuk memperoleh nilai *availability*, maka MTBF (*mean time between failure*) dan MTTR (*mean time to repair*) perlu dilakukan kalkulasi.

**Tabel 4.11** Hasil simulasi jaringan pada Bulan Nopember 2015

	Jaringan Existing	Jaringan Baru
<b>Total Time</b>	30 detik	30 detik
<b>Number of failure</b>	4	4
<b>Total maintenance time</b>	0,4166 detik	0,2083 detik
<b>Number of Repair</b>	1	3
<b>Total Success Network</b>	1	3
<b>Total Execution Network</b>	4	4



### Perhitungan MTBF :

Jaringan Existing :

$$MTBF = \frac{\text{Total Time}}{\text{Number of Failure}} \quad (4.14)$$

$$= \frac{30 \text{ Detik}}{4} \\ = 7,5 \text{ Detik}$$

Waktu fiber optik mulai bekerja sampai dengan terjadi putus adalah **7,5 Detik**

Jaringan Baru :

$$MTBF = \frac{\text{Total Time}}{\text{Number of Failure}} \quad (4.15)$$

$$= \frac{30 \text{ Detik}}{4} \\ = 7,5 \text{ Detik}$$

Waktu fiber optik mulai bekerja sampai dengan terjadi putus adalah **7,5 Detik**

### Perhitungan MTTR :

Jaringan Existing :

$$MTTR = \frac{\text{Total Maintenance Time}}{\text{Number of repair}} \quad (4.16)$$

$$= \frac{0,4166 \text{ Detik}}{1}$$

$$= 0,4166 \text{ Detik}$$

Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki putus fiber optik adalah **0,4166 Detik**.

Jaringan Baru :

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \frac{\text{Total Maintenance Time}}{\text{Number of repair}} & (4.17) \\ &= \frac{0,2083 \text{ Detik}}{1} \\ &= 0,2083 \text{ Detik} \end{aligned}$$

Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki putus fiber optik adalah **0,2083 Detik**.

**Parameter SLA Jaringan :**

Jaringan Existing :

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 & (4.18) \\ &= \frac{7,5}{7,5 + 0,4166} \times 100 \\ &= 94,73 \% \end{aligned}$$

Aspek yang menjamin bahwa data tersedia pada jaringan *existing* ketika dibutuhkan sebesar **94,73 %**

Jaringan Baru :

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 & (4.19) \\ &= \frac{7,5}{7,5 + 0,2083} \times 100 \end{aligned}$$

= 97,29 %

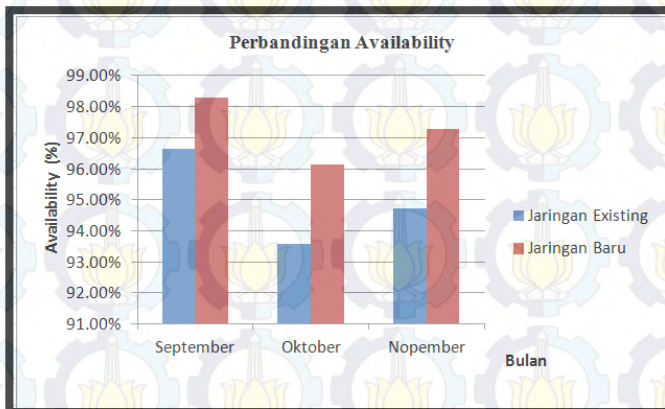
Aspek yang menjamin bahwa data tersedia pada jaringan baru ketika dibutuhkan sebesar **97,29 %**

Berdasarkan perhitungan, maka didapatkan nilai dari *availability* pada **Tabel 4.12**.

**Tabel 4.12** Hasil perbandingan SLA

Contoh studi kasus	Availability Jaringan Existing (%)	Availability Jaringan Baru (%)	Perubahan nilai Availability (%)
Bulan September	96.64 %	98.29%	1.64 %
Bulan Oktober	93.58 %	96.12%	2.53%
Bulan Nopember	94.73%	97.29%	2.56%

Berdasarkan **Tabel 4.12** secara garis besar nilai *availability* pada jaringan baru lebih besar dibandingkan nilai jaringan *existing*. Pada **Gambar 4.6** merupakan representasi **Tabel 4.12** dalam bentuk grafik.



**Gambar 4.6** Grafik perbandingan availability



Pada jaringan baru yang direpresentasikan warna merah memiliki balok yang lebih tinggi atau dapat diartikan nilai availability dari jaringan baru lebih besar dibandingkan dengan jaringan *existing*. Hal ini dikarenakan pada jaringan *existing* tidak ada *backup* jaringan jika terjadi kegagalan sehingga menimbulkan *maintenance* yang besar dan secara otomatis akan berpengaruh terhadap hasil *availability*-nya lainnya.

Berdasarkan hasil kalkulasi tersebut, rata-rata nilai Availability dari 3 bulan peninjauan pada jaringan *existing* yaitu 94,98% dan pada jaringan baru sebesar 97,23% maka dapat disimpulkan bahwa performansi jaringan baru lebih baik dibandingkan jaringan *existing*.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **4.3 Kesimpulan**

Dari hasil analisis desain sistem komunikasi kritis pada APB PLN Jawa Timur maka di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah link kritis pada jaringan *existing* sebanyak 8 link sedangkan jaringan baru tidak mempunyai link kritis.
2. Jumlah link alternatif pada jaringan *existing* sebanyak 16 link sedangkan jaringan baru 23 link.
3. Berdasarkan contoh kasus, rata-rata nilai Availability dari 3 bulan peninjauan pada jaringan *existing* yaitu 94,98% sedangkan jaringan baru sebesar 97,23%.

#### **4.4 Saran**

Adapun hal – hal yang masih bisa dikembangkan dari analisis desain sistem komunikasi kritis pada APB PLN Jawa Timur ini adalah :

1. *Backup* jaringan jika terjadi drop link dapat dikembangkan dengan pemindahan jalur ke jenis media transmisi berbeda yaitu dengan radio link (multi layer).
2. Drop jaringan yang dikondisikan pada contoh kasus pengujian jaringan dapat dikembangkan berupa drop random yang terjadi berdasarkan nilai threshold, sehingga tidak setting manual drop.
3. Pemilihan jalur dengan suatu metode algoritma routing dapat dikembangkan dan diterapkan secara *real* pada jaring

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul khadir, "Tutorial Network Simulator 2 ", slide, 2011
- [2] BonrndÖrer, "Designing telecommunication network by integer programming", Institut für Mathematic Technische Universität Berlin Handout, 2012.
- [3] CS, "ns-2 simulation code and Examples", <http://www.cs.bu.edu/groups/itm/SATS/simulation.html>.
- [4] Edu, "The Network Simulator ns-2: Topology Generation", <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-topogen.html#inet>.
- [5] Fauziah, " Analisis Scada Pada Penyaluran dan Pusat Beban (p3b) Region 2 Area Pengaturan Beban (Apb) Cigereleng", Tugas Akhir Universitas Pendidikan Indonesia, 2013.
- [6] Grand Design PLN, "Grand Design Teknologi Informasi PLN distribusi Jawa Timur", PT. PLN Distribusi Jawa Timur, 2012.
- [7] Handbook, "NS2 Totorial Handbook", Handbook, 2014.
- [8] Jianping, "ns-2 Tutorial Exercise", slide multimedia networking group the departement of computer Science, 2015.
- [9] Laporan Tahunan, "Teknologi Informasi ( Menuju word class service 2015 )", PT.PLN distribusi Jawa Timur, 2013.
- [10] Permatasari, " Simulasi dengan NS-2", Modul, 2013.
- [11] Slogix, "How to create random/dynamic topology in ns2", <http://slogix.in/how-to-create-random-dynamic-topology-in-ns2/index.html>.
- [12] SPLN, " Operasi dan pemeliharaan sistem SCADA", SPLN S7.001: 2008 , 2008.
- [13] SPLN, "Peralatan SCADA sistem tenaga listrik", SPLN S3.001: 2008, 2008.
- [14] SPLN, "Road map to operational and service excellences 2010-1014", road map PT.PLN P3B Jawa Bali, 2010.
- [15] Soraya, "Konfigurasi, pemeliharaan, perangkat, dan jenis gangguan pada master station di PLN APB Jawa Timur", Makalah seminar kerja praktek ITS, 2015.
- [16] UCF, "Introduction to Network Simulator (NS2)", school of electrical and computer science UCF slide, 2012.
- [17] Uci, " Pemeliharaan RTU di PLN APD Jawa Timur", Makalah seminar kerja praktek ITS, 2015.



# LAMPIRAN A

## A.1. Proposal Tugas Akhir

Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri - ITS

TE 141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Sherly Puspita Rahman  
Nomor Pokok : 2213106002  
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia  
Tugas Diberikan : Semester Genap 2015/2016  
Dosen Pembimbing : 1. Dr.Ir.Endroyono,DEA  
2. Ir. Gatot Kusrahardjo, MT

15 SEP 2015

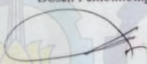
Judul Tugas Akhir  
**Desain sistem komunikasi kritis pendukung operasi PLN - P3B Jawa Bali APB region Jawa Timur**  
(*Design of communication systems supporting critical operations PLN - P3B Jawa Bali APB region, East Java*)

**Tugas Akhir** :  
Transmisi daya di PLN melalui gardu - gardu membutuhkan dukungan telekomunikasi. Telekomunikasi dibutuhkan untuk menghubungkan antar sensor, kendali, dan SCADA. Sistem yang sekarang terpasang dianggap belum memenuhi SLA (Service-level agreement). Untuk itu dilakukan perancangan sistem jaringan baru untuk memperbaiki kinerja tersebut.


Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perancangan jaringan telekomunikasi di PLN Jawa Timur dengan membentuk jaringan multisistem yang meliputi serat optik, radio analog, radio digital dan Jaringan WiFi. Hal itu akan dilakukan dengan cara mengevaluasi jaringan existing, mengusulkan topologi baru, dan mengevaluasi perbandingan kinerja. Evaluasi ditinjau dari parameter throughput, delay, dan MTBF (mean time between failure). Tujuan dari tugas akhir ini yaitu untuk mengusulkan sistem jaringan baru yang diharapkan dapat memperbaiki kinerja jaringan existing.

**Kata Kunci** : Jaringan telekomunikasi multisistem, Transmisi daya PLN, NS2

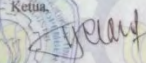
Dosen Pembimbing 1,

  
**Dr. Ir. Endroyono, DEA**  
NIP. 196504041991021001

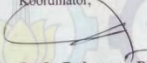
Dosen Pembimbing 2,

  
**Ir. Gatot Kusrahardjo, MT**  
NIP. 195904281986011 001

Mengetahui,  
Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS  
Ketua,

  
**Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT.**  
NIP. 197002121995121001

Menyetujui,  
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia  
Koordinator,

  
**Dr. Ir. Endroyono, DEA**  
NIP. 196504041991021001

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri – ITS**

TE 141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Sherly Puspita Rahman  
Nomor Pokok : 2213106002  
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia  
Tugas Diberikan : Semester Genap 2014/ 2015  
Dosen Pembimbing : 1. Dr.Ir.Endroyono,DEA  
2. Ir. Gatot Kusrahardjo, MT

Judul Tugas Akhir :  
**Desain sistem komunikasi kritis pendukung operasi PLN - P3B  
Jawa Bali APB region Jawa Timur**

*(Design of communication systems supporting critical operations PLN -  
P3B Java Bali APB region , East Java)*

**Uraian Tugas Akhir :**

Transmisi daya di PLN melalui gardu - gardu membutuhkan dukungan telekomunikasi. Telekomunikasi dibutuhkan untuk menghubungkan antar sensor, kendali, dan SCADA. Sistem yang sekarang terpasang dianggap belum memenuhi SLA (Service-level agreement). Untuk itu dilakukan perancangan sistem jaringan baru untuk memperbaiki kinerja tersebut.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perancangan jaringan telekomunikasi di PLN Jawa Timur dengan membentuk jaringan multisistem yang meliputi serat optik, radio analog, radio digital dan Jaringan WIFI. Hal itu akan dilakukan dengan cara mengevaluasi jaringan existing, mengusulkan topologi baru, dan mengevaluasi perbandingan kinerja. Evaluasi ditinjau dari parameter throughput, delay, dan MTBF (mean time between failure). Tujuan dari tugas akhir ini yaitu untuk mengusulkan sistem jaringan baru yang diharapkan dapat memperbaiki kinerja jaringan existing.

**Kata Kunci :** Jaringan telekomunikasi multisistem, Transmisi daya  
PLN, NS2

## **A. JUDUL TUGAS AKHIR**

### **Desain sistem komunikasi kritis pendukung operasi PLN - P3B Jawa Bali APB region Jawa Timur**

*(Design of communication systems supporting critical operations PLN - P3B Java Bali APB region , East Java)*

## **B. RUANG LINGKUP**

1. Jaringan dan rekayasa trafik
2. Rekayasa Internet
3. Sistem dan Komunikasi Nirkabel

## **C. LATAR BELAKANG**

Tugas pokok dari Area Pengatur Beban (APB) di PLN adalah melakukan pengendalian operasi sarana sistem pembangkit, penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik guna menghasilkan produk tenaga listrik yang ekonomis dan handal baik kualitas maupun kuantitas. Dalam pelaksanaannya, dibutuhkan telekomunikasi untuk menghubungkan antar sensor, kendali, dan SCADA.

Jaringan yang sudah terpasang sekarang sering mengalami gangguan, sehingga dianggap belum optimal atau belum memenuhi SLA (*Service-level agreement*). Ditinjau dari hal tersebut maka diusulkan sistem jaringan baru yang diharapkan dapat memperbaiki kinerja jaringan *existing*.

Sistem jaringan baru diharapkan memenuhi standar kualitas baik berdasarkan parameter *throughput*, *delay*, dan MTBF (*mean time between failure*). Pengusulan sistem jaringan baru di PLN - P3B Jawa Bali APB region Jawa Timur dalam kerangka “sistem komunikasi kritis”. Hal tersebut dilakukan dengan survey jaringan *existing*. Survey jaringan *existing* ditinjau dari bentuk topologi, kapasitas, dan kinerja kemudian dilakukan simulasi menggunakan software NS2. Pengusulan jaringan baru, didesain kemudian juga disimulasikan menggunakan NS2. Hasil simulasi kemudian dievaluasi berdasarkan parameter yang ditinjau. Hasil simulasi jaringan baru dan jaringan sebelumnya akan dibandingkan dan dianalisis. Berdasarkan hasil tersebut maka diusulkan sistem jaringan baru yang berguna memperbaiki kinerja sistem *existing* dengan jaringan multisistem.



#### **D. RUMUSAN MASALAH**

Permasalahan yang dibahas dalam Tugas akhir ini adalah :

1. Survei jaringan *existing* (topologi, kapasitas, dan kinerja).
2. Analisis jaringan *existing*.
3. Usulan jaringan baru.
4. Evaluasi kinerja jaringan baru dibandingkan dengan jaringan sebelumnya.

#### **E. BATASAN MASALAH**

Batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Simulasi dilakukan dengan menggunakan Software NS2.
2. Mencakup pada layer fisik sampai layer transport.
3. Parameter evaluasi kinerja yang ditinjau yaitu Availability, Kehandalan, dan Rasio Keberhasilan.
4. Kegagalan jaringan berupa kerusakan pada layer fisik.

#### **F. TUJUAN DAN MANFAAT**

Tujuan dan manfaat dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengusulkan sistem jaringan baru dengan harapan dapat memperbaiki kinerja sistem *existing*.

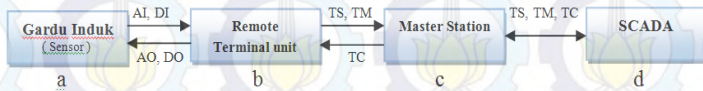
#### **G. TINJAUAN PUSTAKA**

##### **PLN - P3B Jawa Bali APB Region Jawa Timur**

Area pengatur beban (APB) Region Jawa Timur merupakan sub bidang dari P3B Jawa Bali. Tugas utama dari PLN - P3B Jawa Bali yaitu mengelola operasi dan pemeliharaan penyaluran, pengaturan dan pengendalian sub sistem dari region. Penyaluran dan pusat pengaturan beban jawa bali (P3B) dibagi menjadi 4 region. Pada tugas akhir ini difokuskan di region 4 RJTB wilayah jawa timur dalam bagian APB .

##### **Jaringan Telekomunikasi *existing***

Bagian utama dari jaringan telekomunikasi pada PLN APB jawa timur yaitu Master Station (MS), *link* komunikasi, dan Remote station (RS). Untuk dapat saling terhubung maka dibentuk suatu topologi jaringan telekomunikasi.



**Gambar 1.** Alur jaringan komunikasi PLN APB Jawa timur

**Keterangan :**

- a. Memberikan informasi (*Event*) tentang Gardu Induk .  
Jumlah Gardu induk (GI) di Jawa Timur pada tahun 2013 adalah 99 unit yang terbagi menjadi 4 kapasitas yaitu 500KV, 150KV, 70KV, dan 20 KV.
- b. Mengetahui kondisi Gardu induk (telesignaling,telemetering) dan menerima serta melaksanakan perintah dari master station untuk mengubah status peralatan (telecontrolling). Jenis RTU yang digunakan pada beberapa GI berbeda-beda tergantung kebutuhannya. Availability RTU adalah 99,75 %
- c. Melaksanakan telekontrol (telemetering, telesignal, dan remote control) terhadap remote terminal unit. Kecepatan komunikasi data antara MS dengan RTU adalah 96 Kbps. MS harus mempunyai kapasitas I/O sebanyak 3 kali dari jumlah I/O terpasang.

Master station (MS) pada setiap daerah berbeda, tergantung kondisi kelistrikan di daerah tersebut. MS dibedakan menjadi 5 level , tiap level berbeda konfigurasi. Pada APB Jawa timur menggunakan **level 5**, karena ditinjau dari tingkat jangkauan yang besar, kehandalan konfigurasi, dan kondisi kelistrikan yang memadai.

d. *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) merupakan penghubung antara perangkat atau jaringan kepada manusia sebagai operator yang berupa tampilan (*interface*) info diagram, garis, dan gambar dari master station (MS) pada layar dan dapat dicetak dengan printer sebagai *permanent records*.

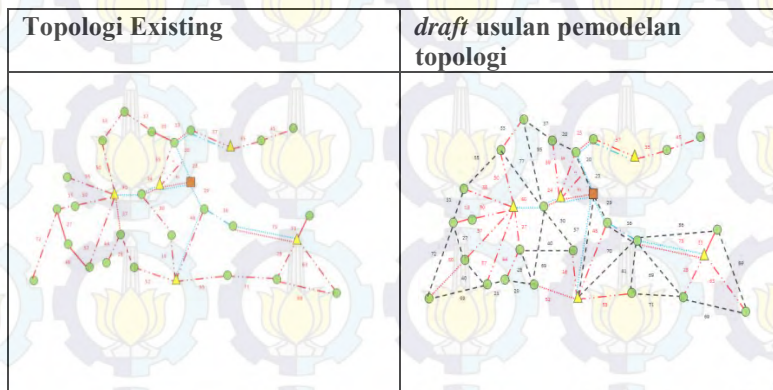
Master station (MS) dapat mengirimkan data ke masing-masing RTU atau ke beberapa RTU secara bersamaan . Namun pada suatu waktu, hanya satu RTU yang boleh mengirimkan data ke MS tidak boleh RTU secara bersamaan mengirimkan data ke MS. Ditinjau dari sistem

tersebut maka topologi jaringan komunikasi yang digunakan adalah **multipoint partyline**.

### Usulan rancangan Jaringan Telekomunikasi

Software Network Simulator 2 (NS2) digunakan untuk mensimulasikan pemodelan topologi jaringan telekomunikasi APB Jawa Timur .Berikut merupakan topologi *existing* dan *draft* usulan pemodelan topologi yang akan dibangun menggunakan Software NS2 :

**Gambar 1.** Topologi existing dan usulan rancangan topologi jaringan Jawa Timur



**Keterangan:**

■ = Master Station (MS)

▲ = Remote Terminal Unit ( RTU )

● = Node ( Letak Gardu Induk )

--- = Link Alternatif

Warna merah = menuju ke RTU

Warna Biru = Link menuju ke MS

Garis ..... = Fiber Optik

Garis - . - = Radio

Garis ——— = WiFi

Media link komunikasi yang digunakan adalah **fiber optic**, **wifi** dan **radio**. Letak node berdasarkan kondisi *existing*. Perubahan pada pemodelan baru dari jaringan *existing* terletak pada topologi, routing, media komunikasi dan kapasitas. Jarak antar node, RTU sampai ke MS disesuaikan dengan kondisi *real*.



## H. METODOLOGI

Metodologi pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

### 1. Studi kasus keadaan dilapangan tentang kondisi komunikasi antar sensor, kendali, dan SCADA di PLN Jawa Timur

Setelah meninjau masalah yang timbul, maka dilakukan pengumpulan data tentang topologi, kapasitas, dan kinerja jaringan komunikasi *existing*. Hal tersebut dimaksudkan untuk melakukan pemodelan dalam perancangan jaringan multisistem.

### 2. Pemodelan sistem jaringan

Dalam merancang jaringan dibutuhkan pemodelan yang dirancang berdasarkan studi kasus. Pemodelan yang dimaksud adalah merepresentasikan kondisi dilapangan berdasarkan kegagalan jaringan kemudian membuat jaringan baru dengan membentuk jaringan multisistem.

### 3. Simulasi dan Optimasi

Simulasi dilakukan pada jaringan *existing* dan jaringan baru . Pada jaringan baru yang telah dirancang dilakukan simulasi untuk melihat hasil evaluasi. Jika belum sesuai, maka dilakukan optimasi untuk penyempurnaan jaringan. Hasil simulasi jaringan baru dengan jaringan *existing* akan dibandingkan.

### 4. Analisis

Analisis ditinjau berdasarkan hasil simulasi perbandingan jaringan baru dengan jaringan *existing* terhadap kinerja jaringan multisistem. Availability, Keandalan, dan Rasio Keberhasilan adalah parameter yang digunakan sebagai indikator. Dari hasil analisis tersebut dihasilkan rekomendasi jaringan baru yang diharapkan dapat memperbaiki kinerja yang sebelumnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Soraya, “Konfigurasi, pemeliharaan, perangkat, dan jenis gangguan pada master station di PLN APB Jawa Timur”, Makalah seminar kerja praktek ITS, 2015.
- [2] Uci, “Pemeliharaan RTU di PLN APD Jawa Timur”, Makalah seminar kerja praktek ITS, 2015.
- [3] \_\_\_\_\_, “Grand Design Teknologi Informasi PLN distribusi Jawa Timur”, PT. PLN Distribusi Jawa Timur, 2012.
- [4] \_\_\_\_\_, “Operasi dan pemeliharaan sistem SCADA”, SPLN S7.001: 2008 , 2008.
- [5] \_\_\_\_\_, “Peralatan SCADA sistem tenaga listrik”, SPLN S3.001: 2008, 2008.
- [6] \_\_\_\_\_, “Road map to operational and service excellences 2010-1014”, road map PT.PLN P3B Jawa Bali, 2010.
- [7] \_\_\_\_\_, “Teknologi Informasi ( Menuju word class service 2015 )”, PT.PLN distribusi Jawa Timur, 2013.



## LAMPIRAN B

### B.1. Program

#### Jaringan Existing Traceexisting.tcl

```
#Create a simulator object  
set ns [new Simulator]
```

```
#Perbedaan aliran data (NAM)
```

```
$ns color 0 blue  
$ns color 1 blue  
$ns color 2 blue  
$ns color 3 blue  
$ns color 4 blue  
$ns color 5 blue  
$ns color 6 blue  
$ns color 7 blue  
$ns color 8 blue  
$ns color 9 blue  
$ns color 10 blue  
$ns color 11 blue  
$ns color 12 blue  
$ns color 13 blue  
$ns color 14 blue  
$ns color 15 blue  
$ns color 16 blue  
$ns color 17 blue  
$ns color 18 blue  
$ns color 19 blue  
$ns color 20 blue  
$ns color 21 blue  
$ns color 22 blue  
$ns color 23 blue  
$ns color 24 blue  
$ns color 25 blue  
$ns color 26 blue  
$ns color 27 blue  
$ns color 28 blue
```

```
$ns color 29 blue  
$ns color 30 blue  
$ns color 31 blue  
$ns color 32 blue  
$ns color 33 blue  
$ns color 34 blue
```

```
#Membuka Trace file  
set file1 [open outrace-  
existing.tr w]  
set winfile [open WinFile w]  
$ns trace-all $file1
```

```
#Membuka NAM trace file  
set file2 [open outrace-  
existing.nam w]  
$ns namtrace-all $file2
```

```
#Eksekusi terakhir  
proc finish {} {  
    global ns file1 file2  
    $ns flush-trace  
    close $file1  
    close $file2  
    exec nam outrace-  
existing.nam &  
    exit 0  
}
```

```
#Membuat node  
set n0 [$ns node]  
set n1 [$ns node]  
set n2 [$ns node]  
set n3 [$ns node]
```

set n4 [\$ns node]  
set n5 [\$ns node]  
set n6 [\$ns node]  
set n7 [\$ns node]  
set n8 [\$ns node]  
set n9 [\$ns node]  
set n10 [\$ns node]  
set n11 [\$ns node]  
set n12 [\$ns node]  
set n13 [\$ns node]  
set n14 [\$ns node]  
set n15 [\$ns node]  
set n16 [\$ns node]  
set n17 [\$ns node]  
set n18 [\$ns node]  
set n19 [\$ns node]  
set n20 [\$ns node]  
set n21 [\$ns node]  
set n22 [\$ns node]  
set n23 [\$ns node]  
set n24 [\$ns node]  
set n25 [\$ns node]  
set n26 [\$ns node]  
set n27 [\$ns node]  
set n28 [\$ns node]  
set n29 [\$ns node]

\$n0 shape box  
\$n0 color red

#membuat label  
\$n0 label "WARU"  
\$n1 label "ISPDO"  
\$n2 label "KLANG"  
\$n3 label "TNDES"  
\$n4 label "DGRAN"  
\$n5 label "SWHAN"  
\$n6 label "GITET GRSIK"  
\$n7 label "SGMDU"  
\$n8 label "SBRAT"  
\$n9 label "SLSDO"  
\$n10 label "SKTIH"  
\$n11 label "MJGNG"

\$n12 label "BNRAN"  
\$n13 label "KDIRI"  
\$n14 label "MNRJO"  
\$n15 label "KTSNO"  
\$n16 label "JKTAS"  
\$n17 label "CRBAN"  
\$n18 label "NGJUK"  
\$n19 label "UJT MDIUN"  
\$n20 label "PNRGO"  
\$n21 label "PCTAN"  
\$n22 label "RNKUT"  
\$n23 label "SBSEL"  
\$n24 label "SLILO"  
\$n25 label "KJРАН"  
\$n26 label "UJUNG"  
\$n27 label "PLTU PERAK"  
\$n28 label "BKLAN"  
\$n29 label "GLMUR"

#Membuat link diantara node  
\$ns duplex-link \$n1 \$n0 2Mb  
0.0058844276ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n2 \$n0 2Mb  
0.0526165898ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n3 \$n4 2Mb  
0.0156918069ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n4 \$n0 2Mb  
0.0526165897ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n5 \$n0 2Mb  
0.0526165897ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n3 \$n5 2Mb  
0.0156918068ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n3 \$n6 2Mb  
0.1382840474ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n6 \$n7 2Mb  
0.1382840474ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n8 \$n3 2Mb  
0.0724765327ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n8 \$n2 2Mb  
0.0335706592ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n8 \$n9 2Mb  
0.0588442755ms DropTail

\$ns duplex-link \$n9 \$n10 2Mb  
0.0588442755ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n10 \$n11 2Mb  
0.1029774821ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n11 \$n12 2Mb  
0.1353418337ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n12 \$n13 2Mb  
0.0034325827ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n12 \$n14 2Mb  
0.2455767764ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n12 \$n15 2Mb  
0.1510336405ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n15 \$n16 2Mb  
0.0058844276ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n15 \$n17 2Mb  
0.1225922406ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n17 \$n18 2Mb  
0.0809108788ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n18 \$n14 2Mb  
0.1913713913ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n14 \$n19 2Mb  
0.0034325827ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n14 \$n20 2Mb  
0.1446588439ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n20 \$n21 2Mb  
0.3050977611ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n0 \$n22 2Mb  
0.0233415626ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n22 \$n23 2Mb  
0.0450158708ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n22 \$n24 2Mb  
0.0333941263ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n24 \$n25 2Mb  
0.0214291237ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n25 \$n26 2Mb  
0.0402102549ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n25 \$n29 2Mb  
0.3187398256ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n26 \$n28 2Mb  
0.3187398256ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n26 \$n27 2Mb  
0.2451844813ms DropTail

\$ns duplex-link \$n29 \$n28 2Mb  
0.1225922406ms DropTail

#Posisi node(NAM)

\$ns duplex-link-op \$n0 \$n1  
orient left-down  
\$ns duplex-link-op \$n0 \$n2  
orient left  
\$ns duplex-link-op \$n0 \$n4  
orient left-up  
\$ns duplex-link-op \$n0 \$n5  
orient up  
\$ns duplex-link-op \$n4 \$n3  
orient left  
\$ns duplex-link-op \$n3 \$n5  
orient right  
\$ns duplex-link-op \$n3 \$n6  
orient left  
\$ns duplex-link-op \$n6 \$n7  
orient left  
\$ns duplex-link-op \$n8 \$n3  
orient left-up  
\$ns duplex-link-op \$n8 \$n2  
orient left  
\$ns duplex-link-op \$n8 \$n9  
orient right  
\$ns duplex-link-op \$n9 \$n10  
orient left  
\$ns duplex-link-op \$n10 \$n11  
orient left  
\$ns duplex-link-op \$n11 \$n12  
orient left  
\$ns duplex-link-op \$n12 \$n13  
orient left-down  
\$ns duplex-link-op \$n12 \$n14  
orient left-up  
\$ns duplex-link-op \$n12 \$n15  
orient up  
\$ns duplex-link-op \$n15 \$n16  
orient left-down  
\$ns duplex-link-op \$n15 \$n17  
orient left-up



```

$ns duplex-link-op $n17 $n18
orient left-down
$ns duplex-link-op $n18 $n14
orient left-down
$ns duplex-link-op $n14 $n19
orient left-up
$ns duplex-link-op $n14 $n20
orient left-down
$ns duplex-link-op $n20 $n21
orient left-down
$ns duplex-link-op $n0 $n22
orient right
$ns duplex-link-op $n22 $n23
orient right-up
$ns duplex-link-op $n22 $n24
orient right
$ns duplex-link-op $n24 $n25
orient right
$ns duplex-link-op $n25 $n26
orient right-up
$ns duplex-link-op $n25 $n29
orient right-up
$ns duplex-link-op $n26 $n28
orient right-up
$ns duplex-link-op $n26 $n27
orient right-up
$ns duplex-link-op $n29 $n28
orient left

```

#Membuat TCP agent dan attach  
di dalam node

```

set tcp0 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n1 $tcp0
set sink0 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n0 $sink0
$ns connect $tcp0 $sink0

set tcp1 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n2 $tcp1
set sink1 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n0 $sink1
$ns connect $tcp1 $sink1

```

```

set tcp2 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n5 $tcp2
set sink2 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n0 $sink2
$ns connect $tcp2 $sink2

```

```

set tcp3 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n3 $tcp3
set sink3 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n4 $sink3
$ns connect $tcp3 $sink3

```

```

set tcp4 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n4 $tcp4
set sink4 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n0 $sink4
$ns connect $tcp4 $sink4

```

```

set tcp5 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n3 $tcp5
set sink5 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n5 $sink5
$ns connect $tcp5 $sink5

```

```

set tcp6 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n6 $tcp6
set sink6 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n3 $sink6
$ns connect $tcp6 $sink6

```

```

set tcp7 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n7 $tcp7
set sink7 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n6 $sink7
$ns connect $tcp7 $sink7

```

```


set tcp8 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n3 $tcp8
set sink8 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n8 $sink8
$ns connect $tcp8 $sink8

```

```

set tcp9 [new Agent/TCP]

```



\$ns attach-agent \$n8 \$stp9  
set sink9 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n2 \$sink9  
\$ns connect \$stp9 \$sink9

set tcp10 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n9 \$stp10  
set sink10 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n8 \$sink10  
\$ns connect \$stp10 \$sink10

set tcp11 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n10 \$stp11  
set sink11 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n9 \$sink11  
\$ns connect \$stp11 \$sink11

set tcp12 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n11 \$stp12  
set sink12 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n10 \$sink12  
\$ns connect \$stp12 \$sink12

set tcp13 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n12 \$stp13  
set sink13 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n11 \$sink13  
\$ns connect \$stp13 \$sink13

set tcp14 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n13 \$stp14  
set sink14 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n12 \$sink14  
\$ns connect \$stp14 \$sink14

set tcp15 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n14 \$stp15  
set sink15 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n12 \$sink15  
\$ns connect \$stp15 \$sink15

set tcp16 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n15 \$stp16

set sink16 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n12 \$sink16  
\$ns connect \$stp16 \$sink16  
set tcp17 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n16 \$stp17  
set sink17 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n15 \$sink17  
\$ns connect \$stp17 \$sink17

set tcp18 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n18 \$stp18  
set sink18 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n17 \$sink18  
\$ns connect \$stp18 \$sink18

set tcp19 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n14 \$stp19  
set sink19 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n18 \$sink19  
\$ns connect \$stp19 \$sink19

set tcp20 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n19 \$stp20  
set sink20 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n14 \$sink20  
\$ns connect \$stp20 \$sink20

set tcp21 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n20 \$stp21  
set sink21 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n14 \$sink21  
\$ns connect \$stp21 \$sink21

set tcp22 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n21 \$stp22  
set sink22 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n20 \$sink22  
\$ns connect \$stp22 \$sink22

set tcp23 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n17 \$stp23  
set sink23 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n15 \$sink23

\$ns connect \$tcp23 \$sink23

set tcp24 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n22 \$tcp24  
set sink24 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n0 \$sink24  
\$ns connect \$tcp24 \$sink24

set tcp25 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n23 \$tcp25

set sink25 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n22 \$sink25  
\$ns connect \$tcp25 \$sink25

set tcp26 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n24 \$tcp26

set sink26 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n22 \$sink26  
\$ns connect \$tcp26 \$sink26

set tcp27 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n25 \$tcp27  
set sink27 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n24 \$sink27  
\$ns connect \$tcp27 \$sink27

set tcp28 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n26 \$tcp28  
set sink28 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n25 \$sink28  
\$ns connect \$tcp28 \$sink28

set tcp29 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n29 \$tcp29  
set sink29 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n25 \$sink29  
\$ns connect \$tcp29 \$sink29

set tcp30 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n28 \$tcp30  
set sink30 [new Agent/TCPSink]

\$ns attach-agent \$n26 \$sink30  
\$ns connect \$tcp30 \$sink30  
set tcp31 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n28 \$tcp31  
set sink31 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n26 \$sink31  
\$ns connect \$tcp31 \$sink31

set tcp32 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n27 \$tcp32  
set sink32 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n26 \$sink32  
\$ns connect \$tcp32 \$sink32

set tcp33 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n28 \$tcp33  
set sink33 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n29 \$sink33  
\$ns connect \$tcp33 \$sink33

\$tcp0 set fid\_ 1

\$tcp1 set fid\_ 2

\$tcp2 set fid\_ 3

\$tcp3 set fid\_ 4

\$tcp4 set fid\_ 5

\$tcp5 set fid\_ 6

\$tcp6 set fid\_ 7

\$tcp7 set fid\_ 8

\$tcp8 set fid\_ 9

\$tcp9 set fid\_ 10

\$tcp10 set fid\_ 11

\$tcp11 set fid\_ 12

\$tcp12 set fid\_ 13

\$tcp13 set fid\_ 14

\$tcp14 set fid\_ 15

\$tcp15 set fid\_ 16

\$tcp16 set fid\_ 17

\$tcp17 set fid\_ 18

\$tcp18 set fid\_ 19


\$tcp19 set fid\_ 20

\$tcp20 set fid\_ 21

\$tcp21 set fid\_ 22

\$tcp22 set fid\_ 23





```
$tcp23 set fid_ 24
$tcp24 set fid_ 25
$tcp25 set fid_ 26
$tcp26 set fid_ 27
$tcp27 set fid_ 28
$tcp28 set fid_ 29
$tcp29 set fid_ 30
$tcp30 set fid_ 31
$tcp31 set fid_ 32
$tcp32 set fid_ 33
$tcp33 set fid_ 34
```

#Membuat FTP dan attach  
kedalam TCP

```
set ftp0 [new Application/FTP]
$ftp0 attach-agent $tcp1
```

#Membuat trafik CBR dan attach  
kedlam TCP

```
set cbr0 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr0 attach-agent $tcp0
```

```
set cbr1 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr1 attach-agent $tcp2
```

```
set cbr2 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr2 attach-agent $tcp3
```

```
set cbr3 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr3 attach-agent $tcp4
```

```
set cbr4 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr4 attach-agent $tcp5
```

```
set cbr5 [new
Application/Traffic/CBR]
```

```
$cbr5 attach-agent $tcp6
```

```
set cbr6 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr6 attach-agent $tcp7
```

```
set cbr7 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr7 attach-agent $tcp8
```

```
set cbr8 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr8 attach-agent $tcp9
```

```
set cbr9 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr9 attach-agent $tcp10
```

```
set cbr10 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr10 attach-agent $tcp11
```


```
set cbr11 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr11 attach-agent $tcp12
```

```
set cbr12 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr12 attach-agent $tcp13
```

```
set cbr13 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr13 attach-agent $tcp14
```

```
set cbr14 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr14 attach-agent $tcp15
```

```
set cbr15 [new
Application/Traffic/CBR]
$cbr15 attach-agent $tcp16
```



```
set cbr16 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr16 attach-agent $tcp17  
set cbr17 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr17 attach-agent $tcp18
```

```
set cbr18 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr18 attach-agent $tcp19
```

```
set cbr19 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr19 attach-agent $tcp20
```

```
set cbr20 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr20 attach-agent $tcp21
```

```
set cbr21 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr21 attach-agent $tcp22
```

```
set cbr22 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr22 attach-agent $tcp23
```

```
set cbr23 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr23 attach-agent $tcp24
```

```
set cbr24 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr24 attach-agent $tcp25
```

```
set cbr25 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr25 attach-agent $tcp26
```

```
set cbr26 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr26 attach-agent $tcp26
```

```
set cbr27 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr27 attach-agent $tcp27
```

```
set cbr28 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr28 attach-agent $tcp28
```

```
set cbr29 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr29 attach-agent $tcp29
```

```
set cbr30 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr30 attach-agent $tcp30
```

```
set cbr31 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr31 attach-agent $tcp31
```

```
set cbr32 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr32 attach-agent $tcp32
```

```
set cbr33 [new  
Application/Traffic/CBR]  
$cbr33 attach-agent $tcp33
```

```
#Jadwal pengiriman CBR  
$ns at 0.5 "$cbr0 start"  
$ns at 0.5 "$cbr1 start"  
$ns at 0.5 "$cbr2 start"  
$ns at 0.5 "$cbr3 start"  
$ns at 0.5 "$cbr4 start"  
$ns at 0.5 "$cbr5 start"  
$ns at 0.5 "$cbr6 start"  
$ns at 0.5 "$cbr7 start"  
$ns at 0.5 "$cbr8 start"  
$ns at 0.5 "$cbr9 start"  
$ns at 0.5 "$cbr10 start"  
$ns at 0.5 "$cbr11 start"  
$ns at 0.5 "$cbr12 start"  
$ns at 0.5 "$cbr13 start"
```

```

$ns at 0.5 "$cbr14 start"
$ns at 0.5 "$cbr15 start"
$ns at 0.5 "$cbr16 start"
$ns at 0.5 "$cbr17 start"
$ns at 0.5 "$cbr18 start"
$ns at 0.5 "$cbr19 start"
$ns at 0.5 "$cbr20 start"
$ns at 0.5 "$cbr21 start"
$ns at 0.5 "$cbr22 start"
$ns at 0.5 "$cbr23 start"
$ns at 0.5 "$cbr24 start"
$ns at 0.5 "$cbr25 start"
$ns at 0.5 "$cbr26 start"
$ns at 0.5 "$cbr27 start"
$ns at 0.5 "$cbr28 start"
$ns at 0.5 "$cbr29 start"
$ns at 0.5 "$cbr30 start"
$ns at 0.5 "$cbr31 start"
$ns at 0.5 "$cbr32 start"
$ns at 0.5 "$cbr33 start"

```

```

$ns at 0.5 "$ftp0 start"

```

```

$ns at 3.5 "$ftp0 stop"
$ns at 4.5 "$cbr0 stop"
$ns at 4.5 "$cbr1 stop"
$ns at 4.5 "$cbr2 stop"
$ns at 4.5 "$cbr3 stop"
$ns at 4.5 "$cbr4 stop"
$ns at 4.5 "$cbr5 stop"
$ns at 4.5 "$cbr6 stop"
$ns at 4.5 "$cbr7 stop"
$ns at 4.5 "$cbr8 stop"
$ns at 4.5 "$cbr9 stop"
$ns at 4.5 "$cbr10 stop"
$ns at 4.5 "$cbr11 stop"
$ns at 4.5 "$cbr12 stop"
$ns at 4.5 "$cbr13 stop"
$ns at 4.5 "$cbr14 stop"

```

**Jaringan Baru**  
**Tracebaru.tcl**

```

$ns at 4.5 "$cbr15 stop"
$ns at 4.5 "$cbr16 stop"
$ns at 4.5 "$cbr17 stop"
$ns at 4.5 "$cbr18 stop"
$ns at 4.5 "$cbr19 stop"
$ns at 4.5 "$cbr20 stop"
$ns at 4.5 "$cbr21 stop"
$ns at 4.5 "$cbr22 stop"

```

```

$ns at 4.5 "$cbr23 stop"
$ns at 4.5 "$cbr24 stop"
$ns at 4.5 "$cbr25 stop"
$ns at 4.5 "$cbr26 stop"
$ns at 4.5 "$cbr27 stop"
$ns at 4.5 "$cbr28 stop"
$ns at 4.5 "$cbr29 stop"
$ns at 4.5 "$cbr30 stop"
$ns at 4.5 "$cbr31 stop"
$ns at 4.5 "$cbr32 stop"
$ns at 4.5 "$cbr33 stop"

```

```

proc plotWindow {tcpSource
file} {
    global ns
    set time 0.5
    set now [$ns now]
    set cwnd [$tcpSource set cwnd_]
    set wnd [$tcpSource set
window_]
    puts $file "$now $cwnd"
    $ns at [expr $now+$time]
    "plotWindow $tcpSource $file"
}
$ns at 0.5 "plotWindow $tcp0
$winfile"

```

```

$ns at 5.0 "finish"
$ns run

```



```
#Create a simulator object
set ns [new Simulator]
#Perbedaan aliran data (NAM)
```

```
$ns color 0 blue
$ns color 1 blue
$ns color 2 blue
$ns color 3 blue
$ns color 4 blue
$ns color 5 blue
$ns color 6 blue
$ns color 7 blue
$ns color 8 blue
$ns color 9 blue
$ns color 10 blue
$ns color 11 blue
$ns color 12 blue
$ns color 13 blue
$ns color 14 blue
$ns color 15 blue
$ns color 16 blue
$ns color 17 blue
$ns color 18 blue
$ns color 19 blue
$ns color 20 blue
$ns color 21 blue
$ns color 22 blue
$ns color 23 blue
$ns color 24 blue
$ns color 25 blue
$ns color 26 blue
$ns color 27 blue
$ns color 28 blue
$ns color 29 blue
$ns color 30 blue
$ns color 31 blue
$ns color 32 blue
$ns color 33 blue
$ns color 34 blue
```

```
#Membuka Trace file
set file1 [open outtrace-baru.tr w]
set winfile [open WinFile w]
$ns trace-all $file1
```

```
#Membuka NAM trace file
set file2 [open outtrace-baru.nam
w]
$ns namtrace-all $file2
```

```
#Eksekusi terakhir
proc finish {} {
    global ns file1 file2
    $ns flush-trace
    close $file1
    close $file2
    exec nam outtrace-baru.nam
```

```
&
    exit 0
}
```

```
#Membuat node
set n0 [$ns node]
set n1 [$ns node]
set n2 [$ns node]
set n3 [$ns node]
set n4 [$ns node]
set n5 [$ns node]
set n6 [$ns node]
set n7 [$ns node]
set n8 [$ns node]
set n9 [$ns node]
set n10 [$ns node]
set n11 [$ns node]
set n12 [$ns node]
set n13 [$ns node]
set n14 [$ns node]
set n15 [$ns node]
set n16 [$ns node]
set n17 [$ns node]
set n18 [$ns node]
set n19 [$ns node]
set n20 [$ns node]
set n21 [$ns node]
set n22 [$ns node]
set n23 [$ns node]
```

set n24 [\$ns node]  
set n25 [\$ns node]  
set n26 [\$ns node]  
set n27 [\$ns node]  
set n28 [\$ns node]  
set n29 [\$ns node]

\$n0 shape box  
\$n0 color red

#membuat label  
\$n0 label "WARU"  
\$n1 label "ISPDO"  
\$n2 label "KLANG"  
\$n3 label "TNDES"  
\$n4 label "DGRAN"  
\$n5 label "SWHAN"  
\$n6 label "GITET GRSIK"  
\$n7 label "SGMDU"  
\$n8 label "SBRAT"  
\$n9 label "SLSDO"  
\$n10 label "SKTIH"  
\$n11 label "MJGNG"  
\$n12 label "BNRAN"  
\$n13 label "KDIRI"  
\$n14 label "MNRJO"  
\$n15 label "KTSNO"  
\$n16 label "JKTAS"  
\$n17 label "CRBAN"  
\$n18 label "NGJUK"  
\$n19 label "UJT MDIUN"  
\$n20 label "PNRGO"  
\$n21 label "PCTAN"  
\$n22 label "RNKUT"  
\$n23 label "SBSEL"  
\$n24 label "SLILO"  
\$n25 label "KJРАН"  
\$n26 label "UJUNG"  
\$n27 label "PLTU PERAK"  
\$n28 label "BKLAN"  
\$n29 label "GLMUR"

#Membuat link diantara node

\$ns duplex-link \$n1 \$n0 2Mb  
0.0058844276ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n2 \$n0 2Mb  
0.0526165898ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n3 \$n4 2Mb  
0.0156918069ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n4 \$n0 2Mb  
0.0526165897ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n5 \$n0 2Mb  
0.0526165897ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n3 \$n5 2Mb  
0.0156918068ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n3 \$n6 2Mb  
0.1382840474ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n6 \$n7 2Mb  
0.1382840474ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n8 \$n3 2Mb  
0.0724765327ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n8 \$n2 2Mb  
0.0335706592ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n8 \$n9 2Mb  
0.0588442755ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n9 \$n10 2Mb  
0.0588442755ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n10 \$n11 2Mb  
0.1029774821ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n11 \$n12 2Mb  
0.1353418337ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n12 \$n13 2Mb  
0.0034325827ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n12 \$n14 2Mb  
0.2455767764ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n12 \$n15 2Mb  
0.1510336405ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n15 \$n16 2Mb  
0.0058844276ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n15 \$n17 2Mb  
0.1225922406ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n17 \$n18 2Mb  
0.0809108788ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n18 \$n14 2Mb  
0.1913713913ms DropTail

\$ns duplex-link \$n14 \$n19 2Mb  
0.0034325827ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n14 \$n20 2Mb  
0.1446588439ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n20 \$n21 2Mb  
0.3050977611ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n0 \$n22 2Mb  
0.0233415626ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n22 \$n23 2Mb  
0.0450158708ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n22 \$n24 2Mb  
0.0333941263ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n24 \$n25 2Mb  
0.0214291237ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n25 \$n26 2Mb  
0.0402102549ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n25 \$n29 2Mb  
0.3187398256ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n26 \$n28 2Mb  
0.3187398256ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n26 \$n27 2Mb  
0.2451844813ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n29 \$n28 2Mb  
0.1225922406ms DropTail

#### #Link tambahan

\$ns duplex-link \$n12 \$n8 2Mb  
0.3562530513ms DropTail  
\$ns duplex-link \$n27 \$n3 2Mb  
0.0433976532ms DropTail

#### #Memberi warna link alternatif

\$ns duplex-link-op \$n12 \$n8 color  
"green"  
\$ns duplex-link-op \$n27 \$n3 color  
"green"

#### #Posisi node(NAM)

\$ns duplex-link-op \$n0 \$n1 orient  
left-down  
\$ns duplex-link-op \$n0 \$n2 orient  
left

\$ns duplex-link-op \$n0 \$n4 orient  
left-up  
\$ns duplex-link-op \$n0 \$n5 orient  
up  
\$ns duplex-link-op \$n4 \$n3 orient  
left  
\$ns duplex-link-op \$n3 \$n5 orient  
right  
\$ns duplex-link-op \$n3 \$n6 orient  
left  
\$ns duplex-link-op \$n6 \$n7 orient  
left  
\$ns duplex-link-op \$n8 \$n3 orient  
left-up  
\$ns duplex-link-op \$n8 \$n2 orient  
left  
\$ns duplex-link-op \$n8 \$n9 orient  
right  
\$ns duplex-link-op \$n9 \$n10 orient  
left  
\$ns duplex-link-op \$n10 \$n11  
orient left  
\$ns duplex-link-op \$n11 \$n12  
orient left  
\$ns duplex-link-op \$n12 \$n13  
orient left-down  
\$ns duplex-link-op \$n12 \$n14  
orient left-up  
\$ns duplex-link-op \$n12 \$n15  
orient up  
\$ns duplex-link-op \$n15 \$n16  
orient left-down  
\$ns duplex-link-op \$n15 \$n17  
orient left-up  
\$ns duplex-link-op \$n17 \$n18  
orient left-down  
\$ns duplex-link-op \$n18 \$n14  
orient left-down  
\$ns duplex-link-op \$n14 \$n19  
orient left-up  
\$ns duplex-link-op \$n14 \$n20  
orient left-down



\$ns duplex-link-op \$n20 \$n21  
orient left-down  
\$ns duplex-link-op \$n0 \$n22 orient  
right  
\$ns duplex-link-op \$n22 \$n23  
orient right-up  
\$ns duplex-link-op \$n22 \$n24  
orient right  
\$ns duplex-link-op \$n24 \$n25  
orient right  
\$ns duplex-link-op \$n25 \$n26  
orient right-up  
\$ns duplex-link-op \$n25 \$n29  
orient right-up  
\$ns duplex-link-op \$n26 \$n28  
orient right-up  
\$ns duplex-link-op \$n26 \$n27  
orient right-up  
\$ns duplex-link-op \$n29 \$n28  
orient left

#Membuat TCP agent dan attach di  
dalam node

set tcp0 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n1 \$tcp0  
set sink0 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n0 \$sink0  
\$ns connect \$tcp0 \$sink0

set tcp1 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n2 \$tcp1  
set sink1 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n0 \$sink1  
\$ns connect \$tcp1 \$sink1

set tcp2 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n5 \$tcp2  
set sink2 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n0 \$sink2  
\$ns connect \$tcp2 \$sink2

set tcp3 [new Agent/TCP]

\$ns attach-agent \$n3 \$tcp3  
set sink3 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n4 \$sink3  
\$ns connect \$tcp3 \$sink3

set tcp4 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n4 \$tcp4  
set sink4 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n0 \$sink4  
\$ns connect \$tcp4 \$sink4

set tcp5 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n3 \$tcp5  
set sink5 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n5 \$sink5  
\$ns connect \$tcp5 \$sink5


set tcp6 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n6 \$tcp6  
set sink6 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n3 \$sink6  
\$ns connect \$tcp6 \$sink6

set tcp7 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n7 \$tcp7  
set sink7 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n6 \$sink7  
\$ns connect \$tcp7 \$sink7

set tcp8 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n3 \$tcp8  
set sink8 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n8 \$sink8  
\$ns connect \$tcp8 \$sink8

set tcp9 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n8 \$tcp9  
set sink9 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n2 \$sink9  
\$ns connect \$tcp9 \$sink9

set tcp10 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n9 \$tcp10



```
set sink10 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n8 $sink10
$ns connect $tcp10 $sink10
```

```
set tcp11 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n10 $tcp11
set sink11 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n9 $sink11
$ns connect $tcp11 $sink11
```

```
set tcp12 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n11 $tcp12
set sink12 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n10 $sink12
$ns connect $tcp12 $sink12
```

```
set tcp13 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n12 $tcp13
set sink13 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n11 $sink13
$ns connect $tcp13 $sink13
```

```
set tcp14 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n13 $tcp14
set sink14 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n12 $sink14
$ns connect $tcp14 $sink14
```

```
set tcp15 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n14 $tcp15
set sink15 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n12 $sink15
$ns connect $tcp15 $sink15
```

```
set tcp16 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n15 $tcp16
set sink16 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n12 $sink16
$ns connect $tcp16 $sink16
```

```
set tcp17 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n16 $tcp17
set sink17 [new Agent/TCPSink]
```

```
$ns attach-agent $n15 $sink17
$ns connect $tcp17 $sink17
```

```
set tcp18 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n18 $tcp18
set sink18 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n17 $sink18
$ns connect $tcp18 $sink18
```

```
set tcp19 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n14 $tcp19
set sink19 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n18 $sink19
$ns connect $tcp19 $sink19
```

```
set tcp20 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n19 $tcp20
set sink20 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n14 $sink20
$ns connect $tcp20 $sink20
```

```
set tcp21 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n20 $tcp21
set sink21 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n14 $sink21
$ns connect $tcp21 $sink21
```

```
set tcp22 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n21 $tcp22
set sink22 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n20 $sink22
$ns connect $tcp22 $sink22
```

```
set tcp23 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n17 $tcp23
set sink23 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n15 $sink23
$ns connect $tcp23 $sink23
```

```
set tcp24 [new Agent/TCP]
$ns attach-agent $n22 $tcp24
set sink24 [new Agent/TCPSink]
$ns attach-agent $n0 $sink24
```

\$ns connect \$step24 \$sink24

set tcp25 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n23 \$step25

set sink25 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n22 \$sink25  
\$ns connect \$step25 \$sink25

set tcp26 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n24 \$step26

set sink26 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n22 \$sink26  
\$ns connect \$step26 \$sink26

set tcp27 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n25 \$step27  
set sink27 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n24 \$sink27  
\$ns connect \$step27 \$sink27

set tcp28 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n26 \$step28  
set sink28 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n25 \$sink28  
\$ns connect \$step28 \$sink28

set tcp29 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n29 \$step29  
set sink29 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n25 \$sink29  
\$ns connect \$step29 \$sink29

set tcp30 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n28 \$step30  
set sink30 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n26 \$sink30  
\$ns connect \$step30 \$sink30

set tcp31 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n28 \$step31  
set sink31 [new Agent/TCPSink]


\$ns attach-agent \$n26 \$sink31  
\$ns connect \$step31 \$sink31

set tcp32 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n27 \$step32  
set sink32 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n26 \$sink32  
\$ns connect \$step32 \$sink32

set tcp33 [new Agent/TCP]  
\$ns attach-agent \$n28 \$step33  
set sink33 [new Agent/TCPSink]  
\$ns attach-agent \$n29 \$sink33  
\$ns connect \$step33 \$sink33

\$step0 set fid\_ 1  
\$step1 set fid\_ 2  
\$step2 set fid\_ 3  
\$step3 set fid\_ 4  
\$step4 set fid\_ 5  
\$step5 set fid\_ 6  
\$step6 set fid\_ 7  
\$step7 set fid\_ 8  
\$step8 set fid\_ 9  
\$step9 set fid\_ 10  
\$step10 set fid\_ 11  
\$step11 set fid\_ 12  
\$step12 set fid\_ 13  
\$step13 set fid\_ 14  
\$step14 set fid\_ 15  
\$step15 set fid\_ 16  
\$step16 set fid\_ 17  
\$step17 set fid\_ 18  
\$step18 set fid\_ 19  
\$step19 set fid\_ 20  
\$step20 set fid\_ 21  
\$step21 set fid\_ 22  
\$step22 set fid\_ 23  
\$step23 set fid\_ 24  
\$step24 set fid\_ 25  
\$step25 set fid\_ 26  
\$step26 set fid\_ 27  
\$step27 set fid\_ 28





```
$tcp28 set fid_ 29
$tcp29 set fid_ 30
$tcp30 set fid_ 31
$tcp31 set fid_ 32
$tcp32 set fid_ 33
$tcp33 set fid_ 34
```

#Membuat FTP dan attach  
kedalam TCP

```
set ftp0 [new Application/FTP]
$ftp0 attach-agent $tcp1
```

#Membuat trafik CBR dan attach  
kedlam TCP

```
set cbr0 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb0 attach-agent $tcp0
```

```
set cbr1 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb1 attach-agent $tcp2
```

```
set cbr2 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb2 attach-agent $tcp3
```

```
set cbr3 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb3 attach-agent $tcp4
```

```
set cbr4 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb4 attach-agent $tcp5
```

```
set cbr5 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb5 attach-agent $tcp6
```

```
set cbr6 [new
Application/Traffic/CBR]
```

```
$cb6 attach-agent $tcp7
set cbr7 [new Application/Traffic/CBR]
$cb7 attach-agent $tcp8
```

```
set cbr8 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb8 attach-agent $tcp9
```

```
set cbr9 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb9 attach-agent $tcp10
```

```
set cbr10 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb10 attach-agent $tcp11
```

```
set cbr11 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb11 attach-agent $tcp12
```

```
set cbr12 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb12 attach-agent $tcp13
```

```
set cbr13 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb13 attach-agent $tcp14
```

```
set cbr14 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb14 attach-agent $tcp15
```

```
set cbr15 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb15 attach-agent $tcp16
```

```
set cbr16 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb16 attach-agent $tcp17
```

```
set cbr17 [new
Application/Traffic/CBR]
$cb17 attach-agent $tcp18
```

set cbr18 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr18 attach-agent \$tcp19

set cbr19 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr19 attach-agent \$tcp20

set cbr20 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr20 attach-agent \$tcp21

set cbr21 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr21 attach-agent \$tcp22

set cbr22 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr22 attach-agent \$tcp23

set cbr23 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr23 attach-agent \$tcp24

set cbr24 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr24 attach-agent \$tcp25

set cbr25 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr25 attach-agent \$tcp26

set cbr26 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr26 attach-agent \$tcp26

set cbr27 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr27 attach-agent \$tcp27

set cbr28 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr28 attach-agent \$tcp28

set cbr29 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr29 attach-agent \$tcp29

set cbr30 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr30 attach-agent \$tcp30

set cbr31 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr31 attach-agent \$tcp31

set cbr32 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr32 attach-agent \$tcp32

set cbr33 [new  
Application/Traffic/CBR]  
\$cbr33 attach-agent \$tcp33

#Jadwal pengiriman CBR

\$ns at 0.5 "\$cbr0 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr1 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr2 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr3 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr4 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr5 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr6 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr7 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr8 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr9 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr10 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr11 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr12 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr13 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr14 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr15 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr16 start"


\$ns at 0.5 "\$cbr17 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr18 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr19 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr20 start"

\$ns at 0.5 "\$cbr21 start"



```
$ns at 0.5 "$cbr22 start"  
$ns at 0.5 "$cbr23 start"  
$ns at 0.5 "$cbr24 start"  
$ns at 0.5 "$cbr25 start"  
$ns at 0.5 "$cbr26 start"  
$ns at 0.5 "$cbr27 start"  
$ns at 0.5 "$cbr28 start"  
$ns at 0.5 "$cbr29 start"  
$ns at 0.5 "$cbr30 start"  
$ns at 0.5 "$cbr31 start"  
$ns at 0.5 "$cbr32 start"  
$ns at 0.5 "$cbr33 start"
```

```
$ns at 0.5 "$ftp0 start"
```

```
$ns at 3.5 "$ftp0 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr0 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr1 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr2 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr3 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr4 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr5 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr6 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr7 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr8 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr9 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr10 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr11 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr12 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr13 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr14 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr15 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr16 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr17 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr18 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr19 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr20 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr21 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr22 stop"
```

```
$ns at 4.5 "$cbr23 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr24 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr25 stop"
```

```
$ns at 4.5 "$cbr26 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr27 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr28 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr29 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr30 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr31 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr32 stop"  
$ns at 4.5 "$cbr33 stop"
```

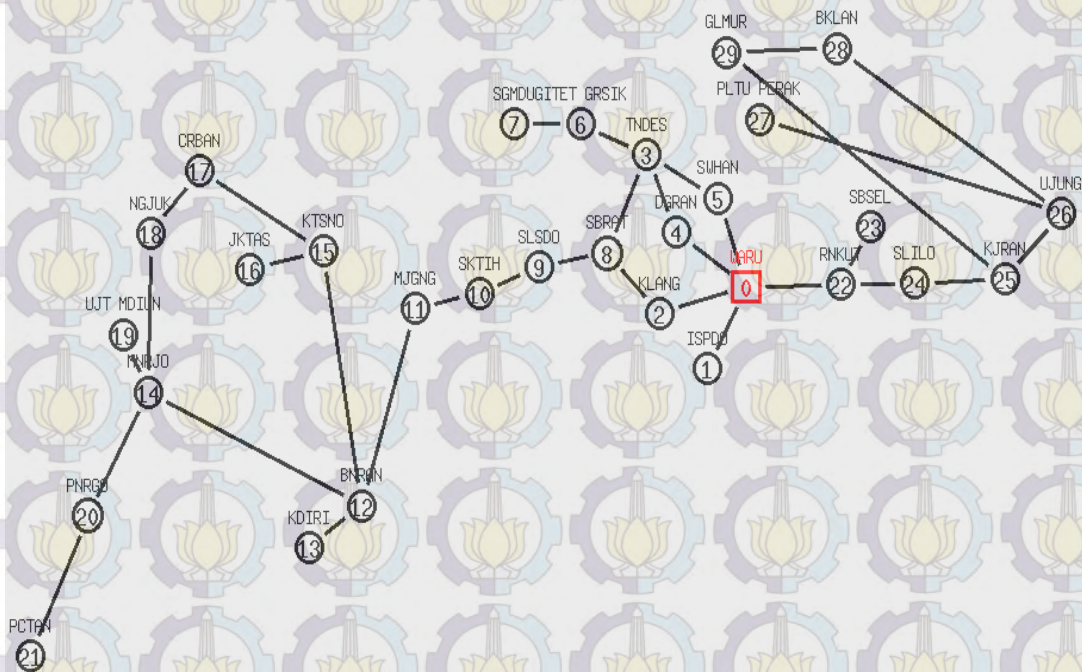
```
proc plotWindow {tcpSource file}  
{  
    global ns  
    set time 0.5  
    set now [$ns now]  
    set cwnd [$tcpSource set cwnd_]  
    set wnd [$tcpSource set window_]  
    puts $file "$now $cwnd"  
    $ns at [expr $now+$time]  
    "plotWindow $tcpSource $file" }  
$ns at 0.5 "plotWindow $tcp0  
$winfile"
```

```
$ns at 5.0 "finish"  
$ns run
```

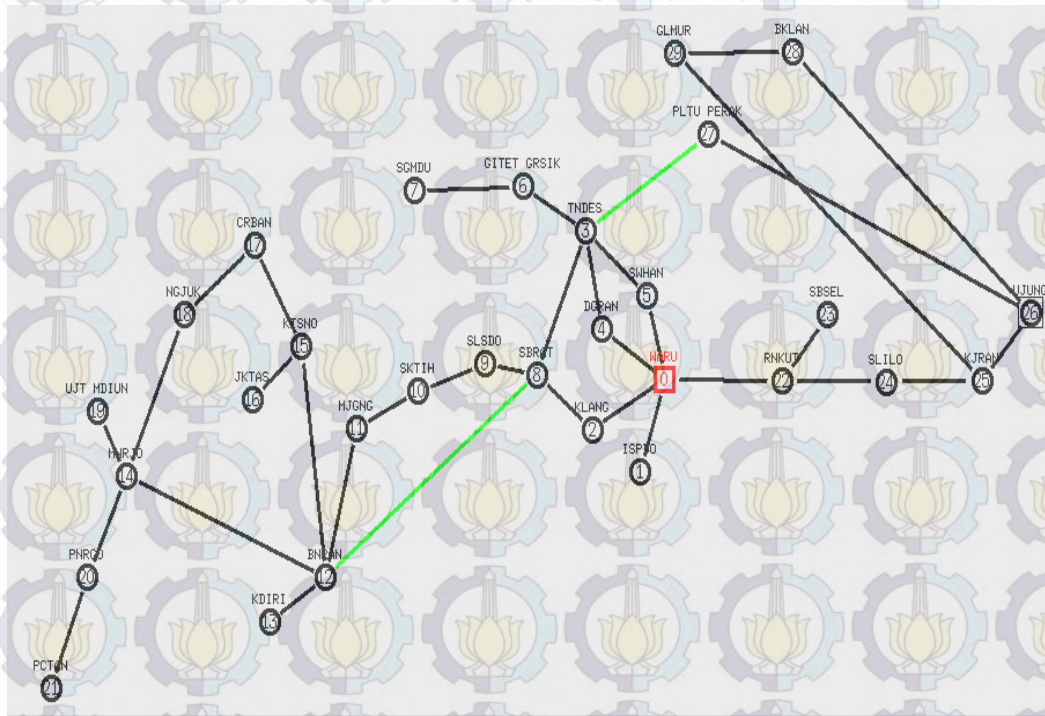


## LAMPIRAN C

### C.1 Jaringan Existing

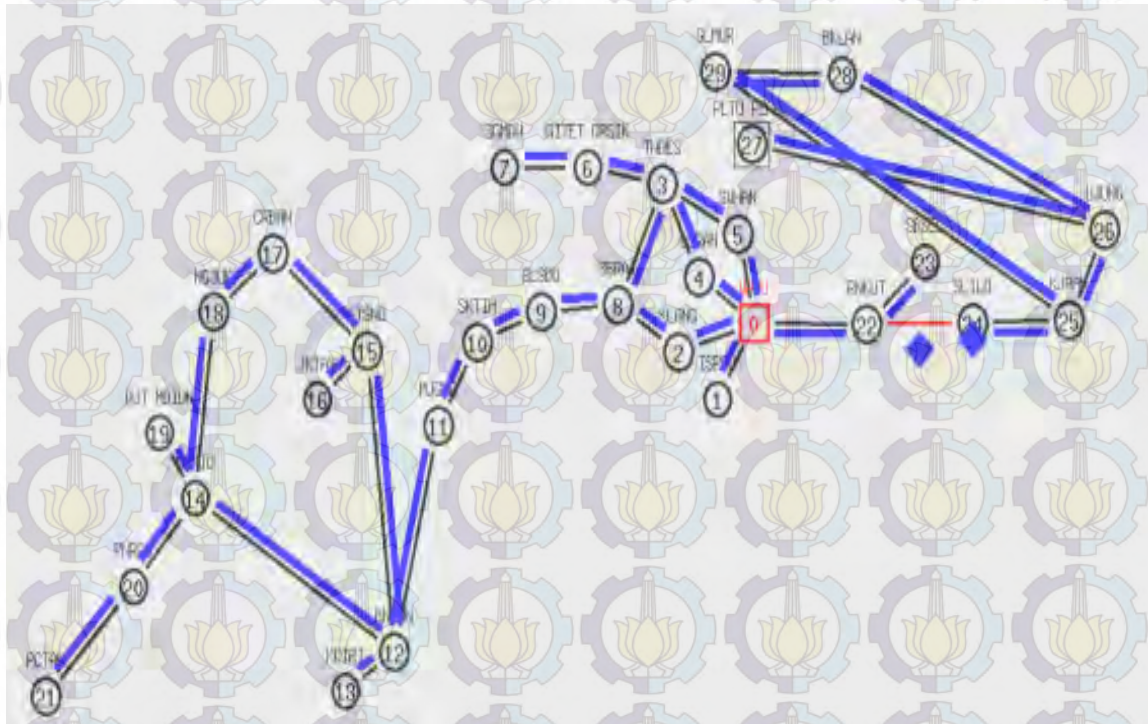


## C.2 Usulan Jaringan baru





### C.3 Aliran data dan drop contoh kasus pada jaringan Existing







## RIWAYAT HIDUP



**Sherly Puspita Rahman** adalah anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Faturahman dan Nurhayati yang lahir di Surabaya pada tanggal 9 September 1992.

Penulis mengenyam pendidikan di SD Jaya Suti Abadi, Bekasi, SMPN 1 Tambun Selatan, Bekasi. Setelah lulus dari jenjang sekolah menengah pertama, dilanjutkan ke SMAN 1 Tambun selatan, Bekasi. Pada tahun 2010 penulis resmi menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Telkom, Bandung pada program studi D3 Teknik Telekomunikasi dan dilanjutkan ke program Lintas Jalur S1 Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2014.

Penulis mengambil Tugas Akhir pada semester 4 Lintas Jalur mengenai jaringan komunikasi kritis dengan studi kasus di PLN APB Jawa Timur dengan dosen pembimbing Dr.Ir.Endroyono,DEA dan Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.